



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH PENAMBAHAN SIC TERHADAP KARAKTERISTIK
STRUKTUR, SIFAT TERMAL DAN SIFAT KEKERASAN DARI
PADUAN SNPB**

SKRIPSI

ARYA WICAKSANA OSPARA

0305020179

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM FISIKA
DEPOK
JUNI 2010**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH PENAMBAHAN SIC TERHADAP KARAKTERISTIK
STRUKTUR, SIFAT TERMAL DAN SIFAT KEKERASAN DARI
PADUAN SNPB**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Sains**

ARYA WICAKSANA OSPARA

0305020179

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM STUDI FISIKA
KEKHUSUSAN FISIKA MATERIAL DAN FISIKA ZAT MAMPAT
DEPOK**

JUNI 2010
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : ARYA WICAKSANA OSPARA

NPM : 0305020179

Tanda Tangan :

Tanggal : 22 Juni 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Arya Wicaksana Ospara
NPM : 0305020179
Program Studi : Fisika Material dan Zat Mampat
Judul Skripsi :

Pengaruh Penambahan SiC terhadap Karakteristik Struktur, Sifat Termal dan Sifat Kekerasan dari Paduan SnPb

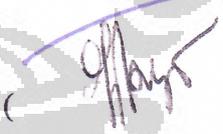
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Dr. Budhy Kurniawan ()

Pembimbing II : Dr. Bambang Soegijono ()

Penguji I : Dr. Muhammad Hikam ()

Penguji II : Dr. Djoko Triyono ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 22 Juni 2010

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yesus yang selalu memberikan berkat dan anugrah terindah-Nya dan kemudahan serta menuntun penulis dalam menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains Jurusan Fisika pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

Penulis menyadari bahwa, selesainya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dorongan dan doa yang tulus dari banyak pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini. Tanpa itu semua sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Untuk itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang setulus - tulusnya kepada:

1. Tuhan Yesus Kristus, sebagai sumber pengetahuan yang sudah memberikan perlindungan, berkat dan bimbingan kepada saya.
2. Orang tua tercinta, Papi Jack Ospara dan Mami Ietje Wenno Ospara, terima kasih atas doa, ilmu dan kasih sayang yang papi dan mami berikan. Kakak-kakak terbaik yang pernah ada, kak Maya Flantinova dan Kak Hobert Videman Gratius untuk semua motivasi baik moril dan materil juga fasilitas lainnya selama proses perkuliahan dan pembuatan tugas akhir penulis. Juga untuk keponakan tersayang Elo penulis yang selalu memberi warna bagi penulis dalam proses penulisan skripsi.
3. Dr. Bambang Soegjono dan Dr. Budhy Kurniawan selaku dosen pembimbing yang telah membimbing penulis dalam segala hal, baik dalam ilmu pengetahuan, nasehat, dorongan, semangat serta segala fasilitas yang telah diberikan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Dr. Muhammad Hikam selaku penguji I dan Dr. Djoko Triyono selaku penguji II yang sudah memberikan kritik dan saran dalam penulisan skripsi tugas akhir penulis
5. Dr Azwar Manaf selaku pimpinan sidang yang sudah mengkritisi dan memotivasi penulis.

6. Dra. Ariadne Lakshmidewi M.Eng., Ph.D selaku pembimbing akademis penulis yang selalu memberikan wejangan dan semangat kepada penulis. Terima kasih banyak bu.
7. Untuk Babyku tersayang, Fahriza Nurul Safitri, yang terus mendampingi, memarahi, menyayangi, memberi dorongan dan memberikan perhatian tiada hentinya kepada penulis. “Terimakasih ya sayang...”
8. Sahabat penulis, Alm. Fanny Azizi. Teman seperjuangan penulis di Condensed Matter. Atas semua kebaikannya yang belum sempat penulis balas, penulis mengucapkan Terima Kasih Banyak. ”So Long Mate..”
9. “Pembimbing” paling the best, M. Hafiz dan Mela Astatira. Thanx banget ya buat kalian berdua yang sudah banyak membantu.
10. Anak-anak USLS, Catra ,Gery , Novari, Miftahul Haq, M.Subhan, M. Yunanda, Andy Sagita, Bayu Seno, Andes Rizky yang semuanya sudah menjadi sahabat setia penulis melewati 5 tahun kuliah di Fisika.
11. Fandi Akhmad, Imam H, Takwa, Dedy S, Ahmad Kholidin, Moku, Bondan, Arifin, Ading, Arfi, Rangga, Eno yang selalu membawa keceriaan di Workshop dan di Lapangan Futsal.
12. Anak-Anak BFC 70 yang sudah memberi saya pelajaran berharga juga dalam hidup.
13. Mba Ratna, yang telah memberikan segala informasi dan motivasi.
14. Seluruh dosen dan karyawan departemen Fisika atas segala ilmu dan bantuan teknis yang penulis peroleh selama menjadi mahasiswa Fisika UI.
15. Terima kasih untuk semua pribadi yang secara sadar ataupun tidak, telah menjadi ‘guru’ dalam kehidupan penulis.

Semoga skripsi ini dapat berguna bagi siapa saja yang mengkajinya, serta dapat dikembangkan dan disempurnakan agar lebih bermanfaat untuk kepentingan orang banyak.

Depok, 22 Juni 2010

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Arya Wicaksana Ospara
NPM : 0305020179
Program Studi : Fisika Material dan Zat Mampat S1
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam
Jenis karya : Skripsi

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**PENGARUH PENAMBAHAN SiC TERHADAP KARAKTERISTIK
STRUKTUR, SIFAT TERMAL DAN SIFAT KEKERASAN DARI
PADUAN SNPB**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*Database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 22 Juni 2010

Yang menyatakan

(Arya Wicaksana Ospara)

Nama : Arya Wicaksana Ospara
Program studi : Fisika
Judul skripsi : Pengaruh Penambahan SiC terhadap Karakteristik Struktur,
Sifat Termal dan Sifat Kekerasan dari Paduan SnPb

ABSTRAK

Silicon Carbide (SiC), juga dikenal sebagai carborundum merupakan komposisi kimia dari silikon dan karbon dengan formulasi kimianya adalah SiC. Terdapat di alam pada mineral langka *mossanite*. Butiran dari silikon karbida dapat mengikat dengan baik menggunakan metode *sintering* untuk menghasilkan keramik yang sangat keras, yang digunakan secara luas untuk penggunaan yang memerlukan tingkat ketahanan yang tinggi. Dalam penelitian tugas akhir ini, paduan SnPbSiC dibuat dengan menggunakan metode peleburan yang dilakukan pada udara terbuka. Variasi sampel paduan yang dibuat dengan persen berat SiC sebesar 4.26%, 7.41% dan 10.40%. Dari hasil karakterisasi XRD menunjukkan pengaruh penambahan SiC terhadap parameter kisi dan *crystallite size* dari SnPb. Karakterisasi termal dari semua variasi paduan SnPbSiC yang didapatkan menggunakan DSC menunjukkan penurunan dan kenaikan titik lebur paduan SnPb akibat penambahan SiC. SiC dengan Persen berat 10.40% membuat titik leleh menjadi turun dan untuk SiC dengan persen berat 4.26% dan 7.41% membuat titik leleh naik. Pengaruh penambahan SiC juga terlihat pada sifat kekerasan dari semua variasi paduan SnPbSiC dengan menggunakan *vickers hardness test* yaitu kekerasan paduan meningkat seiring SiC yang bertambah pada paduan SnPb.

Kata kunci : *Silicon Carbide*, *mossanite*, *sintering*, persen berat, *Crystallite size*, *vickers hardness test*.

Name : Arya Wicaksana Ospara
Program study : Physics
Title of essay : Effect of SiC Addition on Characteristics of Structure, Thermal Properties and Hardness of SnPb Alloy

ABSTRACT

Silicon Carbide (SiC), also known as carborundum is chemical composition of silicon and carbon with the chemical formulation is SiC. There is a rare mineral in nature on mossanite. Grains of silicon carbide can bind well to the sintering method, produces a very hard ceramic, which is widely used for the use of which requires a high level of resilience. In this thesis, SnPbSiC alloys made using fusion methods are conducted in open air. Variation of alloy samples made with SiC weight percent for 4.26%, 7.41% and 10.40%. From XRD characterization results showed the effect of adding SiC to The lattice parameters and crystallite size of SnPb. Thermal Characterization of all variations SnPbSiC alloys obtained using the DSC showed decrease and increase the melting point of SnPb alloys due to the addition of SiC. SiC Percent of 10.40% by weight makes the melting point to decrease and for Weight percent SiC with 4.26% and 7.41% resulted in increased melting point . Ussing Vickers Hardness test, Effect of addition of SiC also looks at the properties of hardness of all SnPbSiC alloy variation increases the hardness of SiC increases in SnPb alloys.

Keywords : Silicon Carbide, mossanite, sintering, weight percent, Crystallite size, vickers hardness test.

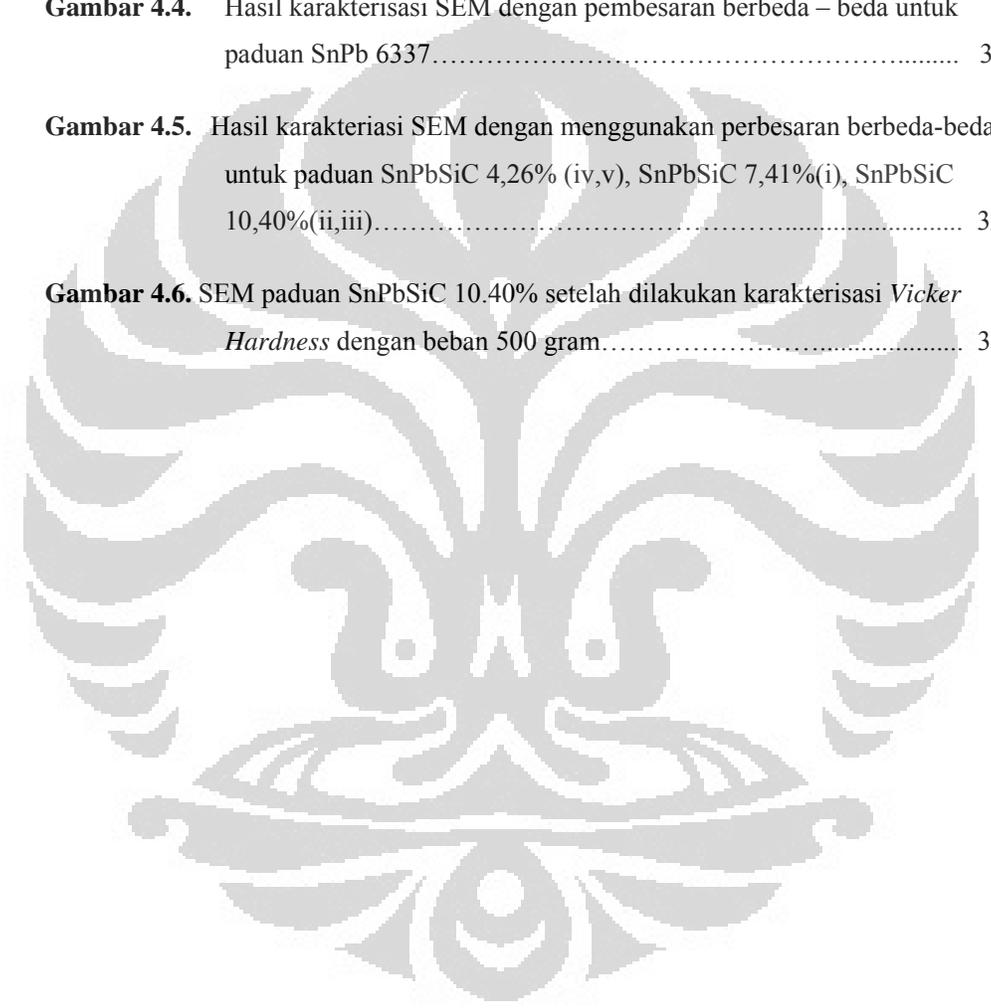
DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR PERSAMAAN	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Pembatasan Masalah	2
1.3. Maksud dan Tujuan	2
1.4. Metodologi Penelitian	2
1.5. Sistematika Penulisan	3
BAB II. TEORI DASAR	
2.1. Pengertian Material Solder	4
2.2. Sifat dan Karakteristik Material Sn	6
2.3. Sifat dan Karakteristik Material Pb	8
2.4. Paduan SnPb sebagai Materiak Solder	9
2.5. Sifat dan Karakteristik Material SiC	15
BAB III. EKSPERIMEN	
3.1. Variasi Paduan SnPbSiC	17
3.2. Material	17
3.3. Proses Pembuatan	17
3.4. Karakterisasi Sampel	18
3.4.1. Karakterisasi dengan Menggunakan XRD	18
3.4.2. Karakterisasi dengan Menggunakan XRF	19
3.4.3. Karakterisasi dengan Menggunakan DSC	20
3.4.4. Karakterisasi dengan Menggunakan SEM	21
3.4.5. Karakterisasi dengan Menggunakan Vickers Hardness Test	22
BAB IV. HASIL dan ANALISIS	
4.1. Hasil karakterisasi paduan dengan menggunakan XRF	24
4.2. Karakterisasi dengan Menggunakan XRD	25
4.3. Hasil Karakterisasi dengan Menggunakan DSC	29
4.4. Hasil Karakterisasi dengan Menggunakan SEM	31
4.5. Karakterisasi terhadap sifak mekanik paduan SnPbSiC	33
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	36
5.2. Saran	36
DAFTAR ACUAN	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Diagram penelitian variasi penambahan SiC pada SnPb.....	3
Gambar 2.1.	<i>Sn-dendrite</i>	8
Gambar 2.2.	<i>Sn-needles</i>	8
Gambar 2.3.	Kurva XRD SnPb.....	8
Gambar 2.4.	Lead Tin.....	10
Gambar 2.5.	Kurva paduan 67wt% Pb dan 33wt% Sn.....	11
Gambar 2.6.	Paduan SnPb.....	13
Gambar 2.7.	Optical micrograph dari paduan SnPb6337 dengan cooling rate sebesar 10°C/min.....	13
Gambar 2.8.	Optical micrograph dari paduan SnPb8515 dengan cooling rate sebesar 10°C/min.....	14
Gambar 2.9.	β -SiC.....	16
Gambar 2.10.	α -SiC.....	16
Gambar 3.1.	<i>X-Ray Diffraction</i>	18
Gambar 3.2.	<i>X-Ray Fluorescence</i>	19
Gambar 3.3.	<i>Differential Scanning Calorimeter</i>	20
Gambar 3.4.	<i>Scanning Electron Microscope</i>	21
Gambar 3.5.	<i>Vickers Hardness Test</i>	22
Gambar 4.1.A	Perbandingan Hasil XRD SnPbSiC 4.26%, SnPbSiC 7.41%, SnPbSiC 10.40%, SnPb6337, Snplat, Pb murni, dan SiC.....	25
Gambar 4.1.B	Perbandingan Hasil XRD SnPbSiC 4.26%, SnPbSiC 7.41%, SnPbSiC 10.40%, SnPb6337, Snplat, Pb murni, dan SiC disertai nilai	

hkl	28
Gambar 4.2. Kurva perbandingan persen berat SiC terhadap Crystallite Size.....	29
Gambar 4.3 Kurva Hasil DSC untuk paduan SnPbSiC 4,26%, SnPbSiC 7,41%, SnPbSiC 10,40% dan SnPb6337.....	30
Gambar 4.4. Hasil karakterisasi SEM dengan pembesaran berbeda – beda untuk paduan SnPb 6337.....	31
Gambar 4.5. Hasil karakterisasi SEM dengan menggunakan perbesaran berbeda-beda untuk paduan SnPbSiC 4,26% (iv,v), SnPbSiC 7,41%(i), SnPbSiC 10,40%(ii,iii).....	32
Gambar 4.6. SEM paduan SnPbSiC 10.40% setelah dilakukan karakterisasi <i>Vicker Hardness</i> dengan beban 500 gram.....	34

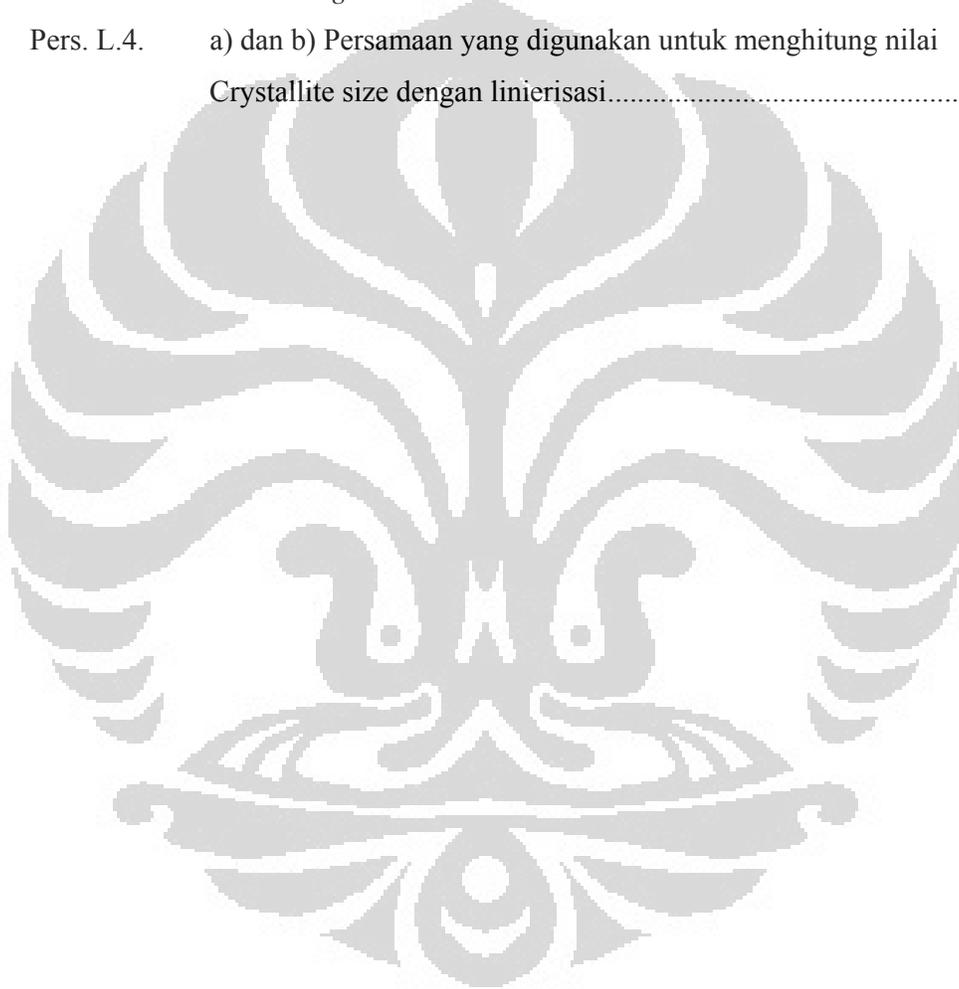


Daftar Tabel

Tabel 4.1. Komposisi XRF dari SnPbSiC 7.41%.....	24
Tabel 4.2. Komposisi XRF dari SnPbSiC 10.40%	24
Tabel 4.3. Komposisi XRF dari SnPbSiC 4.26%	25
Tabel 4.4. Fasa yang Terbentuk, ukuran kristal, struktur kristal serta space group SnPbSiC 7.41%	26
Tabel 4.5. Fasa yang Terbentuk, ukuran kristal, struktur kristal serta space group SnPbSiC 10.40%	27
Tabel 4.6. Fasa yang Terbentuk, ukuran kristal, struktur kristal serta space group SnPbSiC 4.26%	27
Tabel 4.7. Perbandingan persen berat SiC terhadap <i>Crystallite Size</i> untuk masing- masing paduan	28
Tabel 4.8. Nilai Melting Point, delta H, Onset, Endset dan Selisih dari Sampel...	30
Tabel 4.9. Nilai d (nm), Hardness Value (HV) dan Yield Strength (MPa) untuk semua variasi paduan.....	34

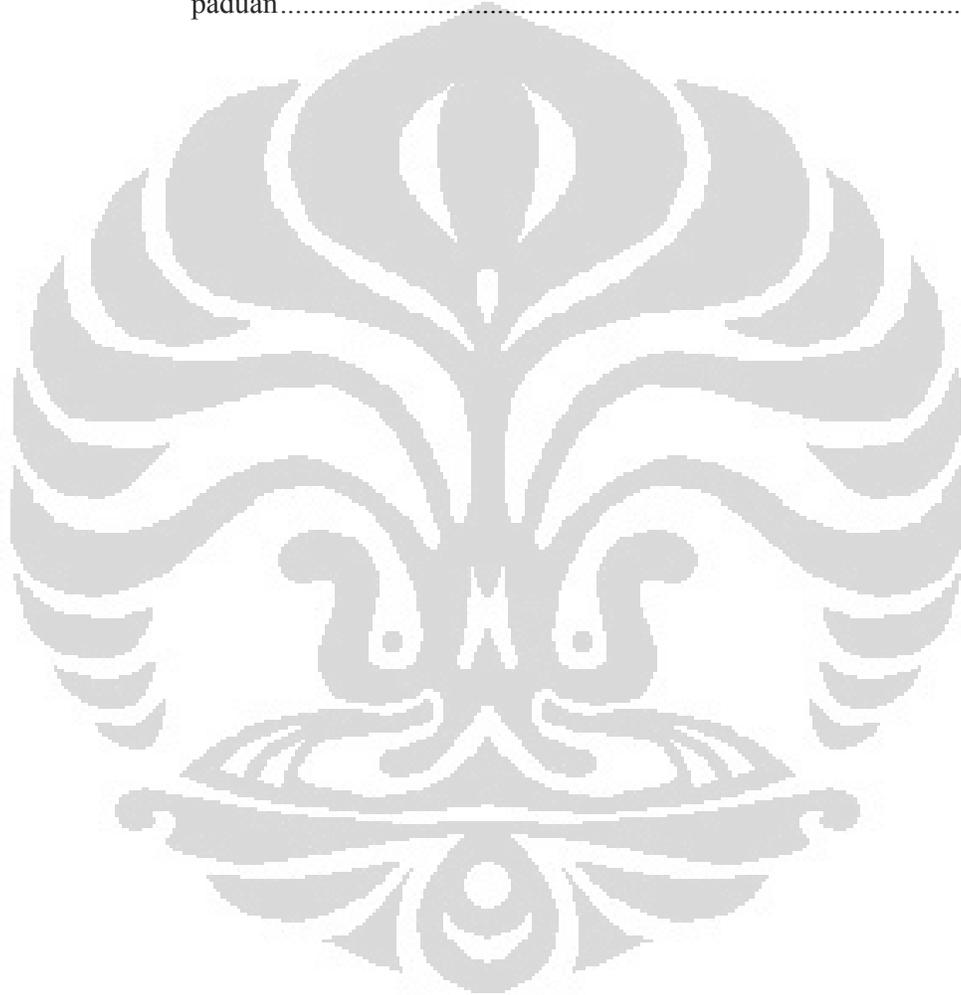
Daftar Persamaan

Pers. L.1.	Persamaan <i>Debye-Schererr</i>	43
Pers. L.2.	Persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai pelebaran akibat <i>lattice strain</i>	43
Pers. L.3.	Persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai pelebaran dri puncak difraksi sebagai pengaruh <i>lattice strain</i> dan <i>instrumental broadening</i>	43
Pers. L.4.	a) dan b) Persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai Crystallite size dengan linierisasi.....	43



Daftar Lampiran

Lampiran 1	Kurva hasil pengukuran XRF	36
Lampiran 2	Gambar hasil <i>refinement</i> menggunakan program GSAS.....	39
Lampiran 3	Linearisasi untuk penghitungan Crystallite size untuk masing-masing paduan.....	43



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Silicon Carbide (SiC), juga dikenal sebagai carborundum merupakan komposisi kimia dari silikon dan karbon dengan formulasi kimianya adalah SiC. Terdapat di alam pada mineral langka *mossanite*. Bubuk silicon carbide diproduksi secara massal sejak tahun 1893 untuk digunakan sebagai abrasif. Butiran dari silikon carbide dapat mengikat dengan baik menggunakan metode *sintering* untuk menghasilkan keramik yang sangat keras, yang digunakan secara luas untuk penggunaan yang memerlukan tingkat ketahanan yang tinggi, seperti rem mobil dan lempengan keramik pada rompi anti peluru. Aplikasi silikon carbide dalam bidang elektronika seperti LED (light emitting diodes) dan detektor pada radio, dan sekarang SiC digunakan secara luas pada semikonduktor temperatur tinggim [1,2].

Solder merupakan material yang mudah melebur atau mencair pada temperatur yang relatif tidak terlalu tinggi antara 90°C hingga 450°C, dengan prosesnya bernama *soldering*. Proses ini melelehkan untuk menggabungkan permukaan metalik. Berguna pada aplikasi elektronik. Alloy meleleh pada suhu antara 180°C dan 190°C variasi suhu inilah yang sering digunakan.

Terdapat 4 jenis proses solder yang digunakan, yaitu *Lead Solder*, *Hard Solder*, *Flux-core Solder*, *Lead-Free Solder*. Yang akan dibahas lebih dalam adalah Lead Solder atau sering disebut sebagai Soft Solder. Timah atau timah solder, juga disebut *soft solder*, tersedia secara komersial dengan konsentrasi timah antara 5% dan 70% menurut beratnya. Semakin besar konsentrasi timah, semakin besar juga solder *tensile* dan *shear strengths*. Pada level retail, dua alloy yang sering digunakan adalah 60/40 Sn/Pb yang meleleh pada 370°F atau 188°C dan 63/37 Sn/Pb biasa digunakan pada pekerjaan elektronika. Rasio 63/37 memiliki arti yaitu, memiliki titik leleh paling kecil pada 183 derajat untuk timah/ Alloy dan titik didihnya merupakan titik bukan *range* [1,3,4].

1.2 Pembatasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada pembuatan paduan SnPb dengan variasi penambahan SiC dengan menggunakan metode peleburan. Dalam pembuatan tersebut digunakan material solder SnPb (Sn 63 wt% dan Pb 37 wt%) serta *reagent* SiC dengan standar *pro-analysis*.

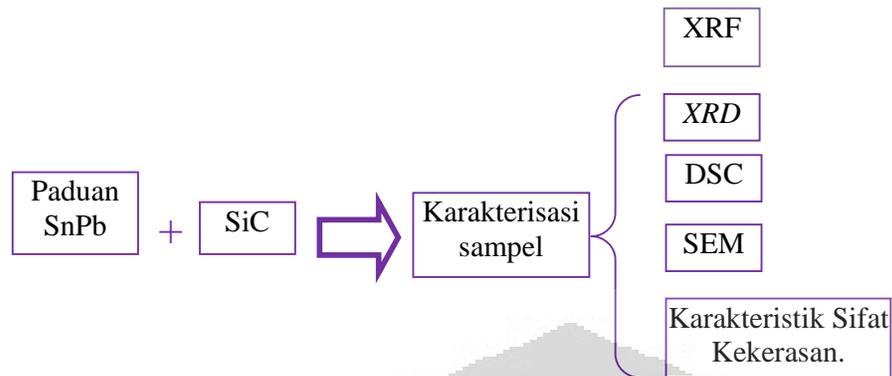
Karakterisasi dilakukan untuk seluruh variasi penambahan SiC pada paduan SnPb. Karakterisasi tersebut dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh penambahan SiC terhadap paduan material solder SnPb. Karakterisasi dilakukan secara struktural, termal, morfologi serta karakteristik sifat kekerasan. Karakterisasi struktural dilakukan dengan menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD). Karakterisasi termal dilakukan dengan menggunakan *Differential Scanning Calorimetry* (DSC). Sedangkan karakterisasi secara morfologi dilakukan dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) dan karakteristik sifat kekerasan dilakukan menggunakan *Vickers Hardness Test*.

1.3. Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk melihat pengaruh penambahan SiC terhadap karakteristik struktur, sifat termal dan kekerasan dari paduan SnPb.

1.4 Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan adalah studi literatur dari jurnal-jurnal ilmiah, buku-buku serta sumber-sumber yang didapat melalui via internet. Dilanjutkan dengan proses pembuatan material SnPb yang ditambahkan dengan variasi penambahan SiC pada paduan tersebut. Terakhir, melakukan karakterisasi sampel dengan menggunakan XRF, XRD, DSC, SEM serta mengukur karakteristik sifat kekerasan dari paduan tersebut. Secara garis besar alur penelitian ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1.1 Diagram penelitian variasi penambahan Sic pada paduan SnPb

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi terdiri atas lima bab, Bab satu berisi Pendahuluan yang membahas tentang latar belakang dari penelitian, tujuan, metode yang digunakan dan juga pembatasan masalah pada penelitian yang dilakukan. Bab dua berisi teori dasar yang membahas secara garis besar teori dasar yang berhubungan dengan penelitian yang telah dilakukan. Bab tiga berisi metode eksperimen yang membahas tentang tahapan penelitian, mulai dari pemilihan material sampai ke pengujian secara lengkap. Bab empat berisi hasil dan analisa yang berisi data – data penelitian, hasil pengujian, dan analisis data dan eksperimen. Bab lima berisi Kesimpulan dan Saran yang membahas hasil akhir dan kesimpulan dari penambahan SiC mempengaruhi paduan SnPb 6337, dan juga memberikan saran yang mendukung penelitian agar memberikan hasil yang lebih baik lagi untuk pengembangannya.

BAB 2 TEORI DASAR

2.1 Pengertian Material Solder

Solder berasal dari bahasa latin yaitu *solidare* yang artinya adalah membuat menjadi solid atau padat. Sedangkan penyolderan merupakan proses penggabungan 2 metal/paduan (komponen dan papan PCB) dengan menggunakan metal/paduan ketiga. Metal/paduan ketiga yang digunakan pada proses penyolderan disebut sebagai material solder. Material solder memiliki titik leleh paling rendah dibandingkan kedua metal/alloy lainnya [5].

Solder merupakan material yang mudah melebur atau mencair pada temperatur yang relatif tidak terlalu tinggi, Bahan yang digunakan sebagai paduan/campuran material solder berupa metal yang bersifat *fusible* dengan rentang titik leleh antara 90⁰ sampai 450⁰C (194-1000⁰F). Alloy meleleh pada suhu antara 180⁰C dan 190⁰C variasi suhu inilah yang sering digunakan.

Metal *fusible* merupakan metal yang mudah melebur/mencair dengan temperatur rendah. Metal *fusible* biasa digunakan untuk membuat *soft solder*. Contoh dari *soft solder* antara lain Indinium (In), bismuth (Bi), antimony (Sb), perak (Ag) dan paduan SnPb. Namun, *soft solder* yang paling sering digunakan memiliki rentang titik leleh antara 180⁰C sampai 300⁰C [5].

Berbeda dengan *soft solder*, *hard solder* justru membutuhkan temperatur tinggi untuk melelehkan metal/paduan tersebut. *Hard solder* digunakan untuk *brazing*. *Brazing* merupakan metode untuk menggabungkan 2 metal/paduan dengan menggunakan temperatur diatas 450⁰C. Beberapa contoh *hard solder* adalah emas (Au), seng (besi), aluminium (Al) dan silicon (Si).

Selain metal *fusible*, ada beberapa kriteria utama sebuah paduan atau campuran dapat dijadikan material solder.

Beberapa sifat-sifat yang harus dimiliki oleh aloy material solder:

1. Titik leleh yang tidak terlalu tinggi
2. Paduan/campuran yang digunakan berada pada kondisi eutektik atau mendekati eutektik
3. Paduan/campuran yang digunakan tidak lebih dari 3 elemen
4. Memiliki kemampuan *wetting* yang baik
5. Memiliki sifat konduktivitas elektrik
6. Memiliki sifat mekanik yang baik, seperti tahan terhadap *mechanical stress*, *thermomechanical fatigue*, *thermal shock* dan vibrasi
7. Harga relatif murah

Besarnya titik leleh suatu paduan/campuran merupakan hal utama yang perlu diperhatikan. Karena hal ini menentukan apakah paduan/campuran tersebut layak atau tidak digunakan sebagai material solder. Semakin tinggi titik leleh paduan atau campuran maka temperatur penyolderan yang digunakan akan semakin tinggi pula. Tingginya temperatur yang dipakai tentunya akan merusak komponen listrik. Komposisi eutektik adalah komposisi paduan atau campuran dimana campuran tersebut memiliki titik leleh yang sama, sehingga paduan atau campuran tersebut dapat meleleh secara keseluruhan pada waktu yang bersamaan. Sehingga pada kriteria kedua, paduan yang akan digunakan sebagai material solder harus berada pada kondisi eutektik (Sebuah sistem eutektik adalah campuran senyawa kimia atau unsur-unsur yang memiliki komposisi kimia tunggal yang mengeras pada suhu yang lebih rendah dibandingkan komposisi lainnya). Hal ini menyebabkan paduan atau campuran material solder tidak terdiri lebih dari 3 material penyusun agar komposisi eutektik menjadi lebih mudah didapat. Karena semakin banyak material penyusun pada paduan atau campuran material solder maka akan semakin sulit untuk menemukan komposisi eutektiknya. Selain itu, kemampuan *wetting* yang baik, dibutuhkan bagi suatu material solder untuk dapat dengan mudah membasahi papan PCB dan komponennya pada saat proses penyolderan berlangsung [4,5].

Paduan yang dapat memenuhi kriteria diatas adalah SnPb. Paduan tersebut telah digunakan sebagai material solder selama beberapa dekade. Namun setelah

ditemukannya kandungan racun pada timbal yang berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan manusia maka industri elektronik mulai menggalakkan gerakan bebas timbal (*lead-free*).

Tanggal 1 Juli 2006, *European Union's* (EU) menyatakan timbal sebagai material RoHS (*Restriction of Certain Hazardous Substance*). Pengurangan penggunaan Pb pun telah dilakukan oleh departemen industri dan perdagangan internasional di Jepang. Pengurangan tersebut mencapai angka 50% pada tahun 2001 dan 67% pada tahun 2003 untuk produksi kendaraan bermotor dan alat-alat elektronik. Disusul oleh EU dan Amerika yang mulai mencari pengganti timbal pada setiap produk yang mereka gunakan, termasuk salah satunya adalah menggunakan Sn murni sebagai material solder. Penggunaan Sn murni sebagai material solder menyebabkan timbulnya masalah lain, yaitu tumbuhnya *whisker*. *Whisker* dapat menyebabkan hubungan pendek (*short circuit*) pada rangkaian elektronik. Beberapa tahun sebelumnya, industri elektronik menghambat pertumbuhan *whisker* dengan menambahkan sedikit Pb pada Sn, namun semenjak industri elektronik mulai menggalakkan bebas timbal, masalah mengenai *whisker* kembali muncul [6].

2.2 Sifat dan Karakteristik Material Sn

Material Sn atau lebih dikenal sebagai timah merupakan elemen kimia pada golongan ke-14. Timah berasal dari bahasa latin yaitu *stannum*. Timah memiliki nomor atom 50 dalam tabel periodik dan bilangan oksidasi +2 dan +4. Selain dapat diaplikasikan menjadi material solder, timah (Sn) juga dapat digunakan sebagai *coating* pada baja serta *food packaging* karena dapat mencegah terjadinya korosi serta tidak mengandung racun [7].

Timah (Sn) bersifat lunak dan *ductile* pada saat dipanaskan namun bersifat *brittle* pada saat didinginkan. Karena perbedaan sifat tersebut Sn disebut sebagai material *allotropic*, yaitu memiliki struktur kristal yang berbeda pada temperatur dan tekanan yang berbeda. Sn memiliki 3 jenis *allotropic*. Jenis pertama yaitu Sn normal atau β -Sn dengan struktur kristal *body centered tetragonal* (BCT) dan

rapat jenis 7.31 g/cm³. Jenis kedua yaitu Sn abu-abu atau α -Sn dengan struktur kristal *diamond cubic* dan rapat jenis 5.77 g/cm³. Jenis ketiga adalah γ -Sn dengan struktur kristal rhombohedral. Transisi dari jenis pertama ke jenis kedua terjadi pada temperatur dibawah 13,2°C atau sering disebut sebagai *Sn-pest*. Sedangkan transisi dari jenis pertama ke jenis ketiga terjadi pada temperatur diatas 202,8°C. *Sn-pest* dapat menyebabkan volum Sn menjadi mengembang. Dan apabila volum Sn terus mengembang maka lama kelamaan Sn tersebut menjadi hancur. Hal ini dapat dicegah dengan menambahkan impuritas seperti Sb atau Bi. Selain *Sn-pest*, ada 2 fenomena lainnya yang terjadi pada material timah, yaitu *Sn-cry* dan *Sn-whisker* [4,7,8].

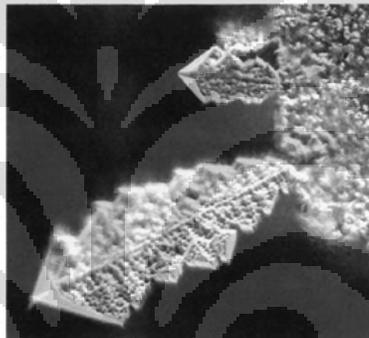
Sn cry merupakan fenomena dimana pada saat Sn dibengkokkan akan terdengar bunyi menyerupai tangisan atau teriakan. Suara tersebut merupakan efek yang disebabkan oleh pergesaran kristal pada metal. Hal ini tidak hanya terjadi pada Sn saja, melainkan pada niobium, indium dan gallium.

Sedangkan *Sn-whisker* merupakan fenomena tumbuhnya metal secara spontan pada permukaan β -Sn dengan diameter berkisar antara 0,3 μ m sampai 125 mm. *Whisker* dapat tumbuh secara lurus ataupun berkelok-kelok. Rasio panjang *whisker* terhadap lebarnya pada umumnya > 2 . Walaupun telah diteliti sejak 50 tahun yang lalu, tapi sampai saat ini masih belum dapat ditemukan mengenai penyebab utama tumbuhnya *whisker*. Namun beberapa peneliti setuju bahwa tumbuhnya *whisker* diakibatkan oleh *compressive stress* secara mekanik, termal maupun kimia.

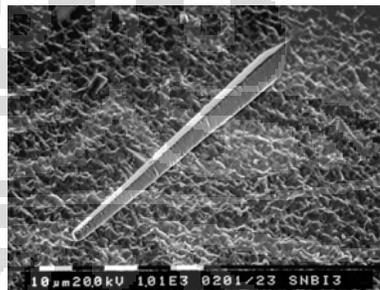
Pada umumnya Sn normal atau β -Sn yang merupakan tempat tumbuhnya *whisker*, memiliki parameter kisi sebesar $a=b=0,58194$ nm dan $c=0,31753$ nm. Rasio c/a pada fasa β -Sn, lebih kecil dari 1 ($c/a=0,5456$) sehingga unit sel tetragonal Sn lebih panjang di salah satu sisinya (atau berada pada keadaan anisotropi). Selain itu, koefisien temperatur ekspansi pada sisi a (sisi yang lebih panjang) lebih besar dibandingkan sisi b (sisi yang lebih pendek). Hal ini dapat menyebabkan *stress* internal pada material solder. *Stress* internal dapat menyebabkan tumbuhnya *whisker*. Metal yang memiliki struktur dengan rasio c/a

lebih kecil dari 1, memiliki kemungkinan akan adanya pertumbuhan *whisker*, seperti seng (Zn) dan kadmium (Cd) yang memiliki struktur heksagonal.

Selain *Sn-whisker*, terdapat juga *Sn-dendrite* dan *Sn-needles*. *Sn-dendrite* tidak seperti *Sn whisker* dapat tumbuh secara spontan, melainkan diperlukan adanya gangguan dari luar seperti medan listrik luar dan keadaan yang lembab. *Sn-dendrite* merupakan polikristal dengan bentuk seperti pohon yang ditunjukkan pada gambar 2.1. Sedangkan *Sn-needles*, sesuai dengan namanya, berbentuk seperti jarum, dimana di salah satu ujungnya membesar sedangkan di ujung lainnya mengecil seperti ditunjukkan pada gambar 2.2. Berbeda dengan *Sn whisker* yang memiliki diameter yang sama di setiap sisi nya [4,7].



Gambar 2.1 *Sn-dendrite* [4]



Gambar 2.2 *Sn-needles* [4]

2.3 Sifat dan Karakteristik Material Pb

Plumbum merupakan elemen kimia dengan simbol Pb dan nomor atom 82. Plumbum merupakan bahasa latin. Penggunaan Pb sebagai material solder telah

dilakukan sejak dahulu. Karena Pb dapat meleleh pada suhu yang tidak tinggi serta harganya yang terjangkau.

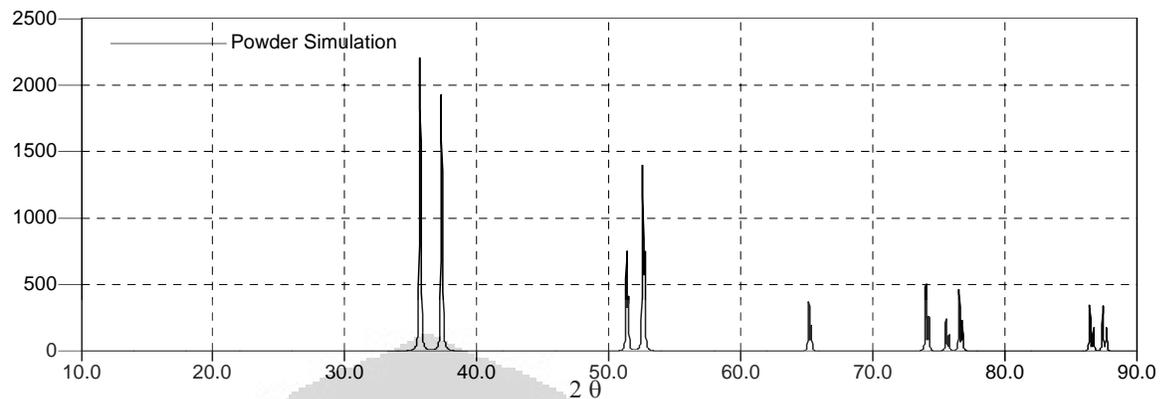
Plumbum berwarna putih kebiru-biruan ketika baru dipotong dan berwarna bercak keabu-abuan serta tidak mengkilap ketika potongan tersebut sudah terkena udara (teroksidasi). Namun saat plumbum melebur menjadi cairan, material ini berubah warna menjadi perak mengkilap. Pb dapat diaplikasikan sebagai konstruksi bangunan, *lead-acid batteries*, peluru, material solder, *pewter*, *fusible alloy* dan pelindung radiasi.

Plumbum bersifat lembut, *malleable* serta merupakan salah satu metal berat. Seperti merkuri dan jenis logam berat lainnya, timbal juga berpotensi memiliki *neurotoxin*. Racun tersebut berbahaya bagi tubuh manusia, terutama peredaran darah serta system saraf. Hal inilah yang menyebabkan industri elektronik berupaya keras dalam mencari pengganti Pb untuk setiap produk yang akan dibuat.

2.4 Paduan SnPb sebagai Material Solder

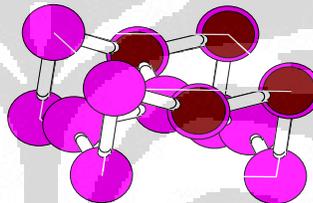
Paduan SnPb telah diaplikasikan dalam dunia elektronik selama 20 abad. Pertama kali paduan tersebut digunakan pada radio serta alat telekomunikasi. Paduan SnPb yang digunakan dalam dunia elektronik memiliki komposisi eutektik (63Sn-37Pb) atau mendekati eutektik (60Sn-40Pb). Berdasarkan data yang didapat dari ICSD (*Inorganic Crystal Structure Database*), paduan SnPb atau disebut juga sebagai *soft solder* memiliki susunan kristal serta kurva XRD seperti ditunjukkan pada Gambar 2.3.

Kandungan Pb yang banyak atau kandungan Sn yang banyak memiliki dampak terhadap sifat serta karakteristik material solder yang dihasilkan. Semakin banyak kandungan timbale yang digunakan pada paduan SnPb maka akan semakin lambat paduan tersebut memadat. Hal ini tentunya merupakan suatu keuntungan tersendiri. Karena pada saat paduan SnPb digunakan untuk menyatukan pipa, maka pipa dapat dipasang dengan benar



Gambar 2.3 kurva XRD SnPb [4]

Lead Tin (0.02/0.98)



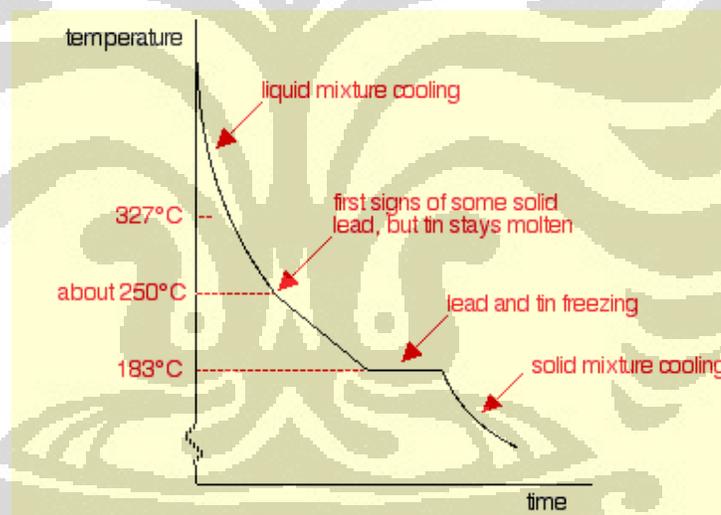
Gambar 2.4 Lead Tin [4]

sebelum akhirnya paduan tersebut memadat. Sama halnya pada saat diaplikasikan sebagai material solder, dimana komponen akan terpasang pada papan PCB dengan benar terlebih dahulu sebelum akhirnya paduan SnPb menjadi padat. Penambahan Pb pada Sn juga ditujukan untuk menghaluskan permukaan paduan, mempertinggi tingkat *ductility*, mengkilapkan permukaan alloy, mengurangi tekanan permukaan SnPb cair sehingga dapat meningkatkan kemampuan *wetting* paduan tersebut, serta yang paling penting adalah untuk menghambat pertumbuhan *Sn-whisker* dan *Sn-pest*. Pertumbuhan *whisker* pada β -Sn dapat dihambat dengan menambahkan kandungan material Pb pada Sn setidaknya lebih dari 1% [4,8].

Sedangkan banyaknya kandungan Sn pada paduan SnPb, akan membuat paduan tersebut menjadi lebih kaku dan keras serta memiliki sifat *tensile* dan

shear strength yang baik. Penambahan Sn pada Pb juga dapat merendahkan titik leleh (*melting point*) [9].

Timbal berubah fasa dari cair ke padat pada suhu 327°C dan melepaskan panas ke lingkungan. Namun pada saat ditambahkan timah, maka kurva yang terbentuk akan berbeda. Kurva pada gambar 2.5 merupakan kurva paduan 67 wt% Pb dan 33 wt% Sn. Pada kurva tersebut dapat terlihat bahwa terjadi perubahan fasa dari cair ke padat pada suhu 250°C . Tetapi hanya sebagian dari Pb yang membeku, sedangkan sisanya masih berada dalam fasa cair. Dan pada suhu 183°C , seluruh campuran tersebut baru dapat membeku. Hal ini membuktikan bahwa penambahan Sn pada Pb dapat merendahkan titik leleh paduan tersebut



Gambar 2.5 kurva paduan 67 wt% Pb dan 33 wt% Sn [10]

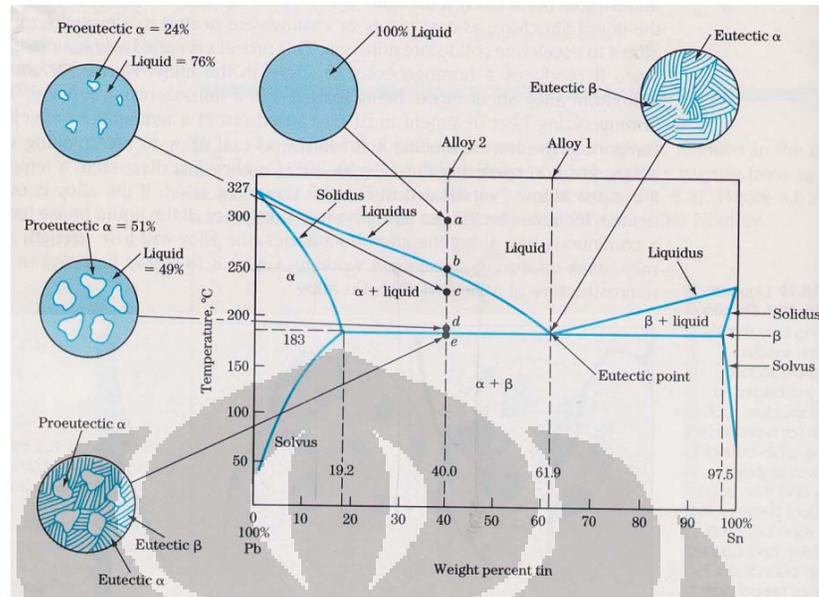
Paduan SnPb memiliki 2 fasa pada saat paduan tersebut berada dalam keadaan padat. Hal ini dapat terjadi karena Pb dan Sn memiliki struktur kristal yang berbeda yaitu (FCC dan BCT) dan juga jari-jari atom Pb jauh lebih besar dari atom Sn ($>0.81 \text{ \AA}$) sehingga campuran hanya dapat terlarut sebagian antara satu sama lain dalam keadaan padat.

. Tidak seperti paduan tembaga dan nikel yang dapat tercampur secara keseluruhan baik dalam keadaan cair maupun padat untuk seluruh konsentrasi

pada kedua metal. Karena tembaga dan nikel memiliki struktur kristal yang sama dan jari-jari atom yang kristal sama pula menyebabkan kedua metal dapat terlarut satu sama lainnya. Paduan/campuran dari 2 atau lebih metal yang memiliki struktur kristal yang sama, dapat tercampur secara keseluruhan baik dalam keadaan cair maupun padat disebut sebagai *isomorphous*. Sedangkan paduan/campuran dari 2 atau lebih metal yang tidak larut satu sama lain dalam keadaan padat disebut eutektik. Eutektik berasal dari bahasa Yunani. Paduan SnPb memadat pada fasa Sn murni dan Pb murni, dimana Sn tidak larut di dalam Pb begitupun Pb tidak larut didalam Sn. Selain itu, Pb tidak dapat bereaksi secara kimia dengan Sn sehingga pada paduan SnPb tidak terbentuk *interfacial intermetallic compounds* (IMCs) seperti pada paduan SnCu. Karena itulah, Pb sering disebut sebagai “*neutral diluents*” bagi Sn.

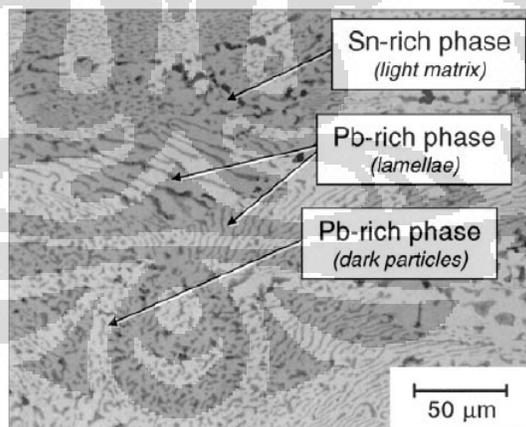
Campuran eutektik memiliki komposisi dimana campuran tersebut dapat meleleh/memadat seluruhnya pada suhu yang sama. Paduan SnPb memiliki komposisi eutektik sebesar 61,9 wt% dengan titik leleh 183⁰C (361,4⁰F) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.6. SnPb eutektik memiliki 2 fasa padat, fasa padat pertama mengandung paling besar 19,2% Sn (fasa α) dan fasa padat kedua mengandung maksimum 2,5 wt% Pb (fasa β). Dengan kata lain, tidak lebih dari 19,2 wt% Sn padat dapat larut dalam Pb padat dan tidak lebih dari 2,5 wt% Pb padat dapat larut pada Sn padat.

Mikrostruktur padatan SnPb juga dipengaruhi oleh proses pendinginan material tersebut. Semakin cepat proses pendinginan dilakukan maka susunan atom Sn dan Pb menjadi tidak teratur. Hal ini menyebabkan padatan SnPb yang dihasilkan menjadi tidak homogen. Komposisi paduan juga mempengaruhi morfologi dari padatan SnPb yang dihasilkan. Pada komposisi eutektik, padatan SnPb yang dihasilkan akan lebih homogen dibandingkan pada komposisi non-eutektik.

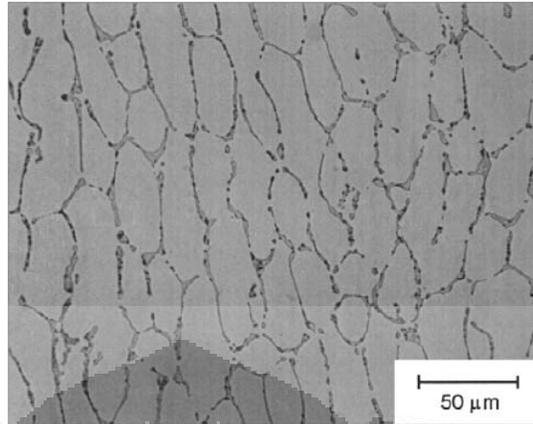


Gambar 2.6 Paduan SnPb [12]

Gambar 2.7 dan 2.8 menunjukkan paduan SnPb pada komposisi eutektik dan non eutektik. Dimana abu-abu terang menggambarkan Sn sedangkan abu-abu gelap merupakan Pb. Dari kedua gambar tersebut dapat dibandingkan bahwa persebaran Sn dan Pb pada gambar 2.7 lebih homogen dibandingkan gambar 2.8



Gambar 2.7. *Optical micrograph* dari paduan 37Pb-63Sn dengan *cooling rate* sebesar 10^0C/min [13].



Gambar 2.8. *Optical micrograph* dari paduan 15Pb-85Sn dengan *cooling rate* sebesar $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ [13].

Seperti yang telah dijelaskan diatas, gerakan bebas timbal memaksa industri elektronik untuk mencari pengganti Pb pada paduan SnPb. Beberapa persyaratan yang diperlukan untuk membuat paduan Sn lain sebagai material solder adalah sebagai berikut [14,15,16] :

1. Memiliki titik leleh mendekati titik leleh SnPb (terutama untuk paduan Sn63Pb37
2. Memiliki komposisi atau mendekati eutektik
3. Memiliki sifat yang lebih baik atau sama baiknya dengan SnPb
4. Relatif murah
5. Dapat digunakan pada proses fabrikasi

Namun, sampai saat ini belum ada yang dapat menggantikan Pb secara maksimal.

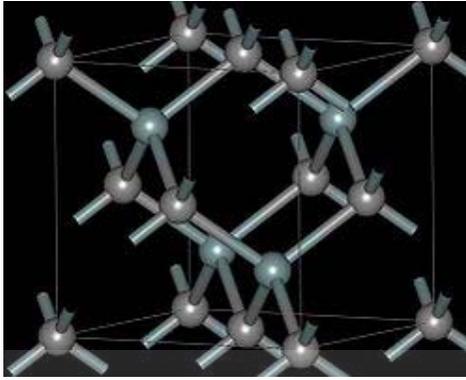
2.5 Sifat dan Karakteristik Material SiC

Silicon Carbide (SiC), juga dikenal sebagai carborundum merupakan komposisi kimia dari silikon dan karbon dengan formulasi kimianya adalah SiC. Terdapat di alam pada mineral langka *mossanite*. Bubuk silicon carbide diproduksi secara massal sejak tahun 1893 untuk digunakan sebagai abrasif. Butiran dari silikon karbida dapat mengikat dengan baik menggunakan metode *sintering* untuk menghasilkan keramik yang sangat keras, yang digunakan secara luas untuk penggunaan yang memerlukan tingkat ketahanan yang tinggi, seperti rem mobil dan lempengan keramik pada rompi anti peluru. Aplikasi silikon karbida dalam bidang elektronika seperti LED (light emitting diodes) dan detektor pada radio, dan sekarang SiC digunakan secara luas pada semikonduktor temperatur tinggi [17].

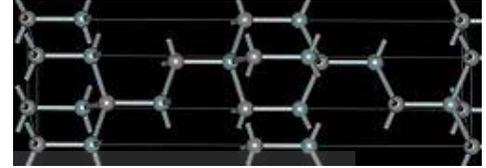
Silikon karbida ada di sekitar 250 bentuk kristal. The polimorfisme SiC dikarakteristikan oleh struktur kristal yang sama, disebut polytypes. Merupakan variasi senyawa kimia yang sama, identik dalam dua dimensi dan berbeda dalam tiga dimensi. Dengan demikian, mereka dapat dilihat sebagai layer/lapisan bertumpuk dalam urutan tertentu.

silikon karbida Alpha (α -SiC) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.10 adalah yang paling sering ditemui dalam bentuk polymorph, terbentuk pada suhu lebih besar dari 1.700°C dan memiliki heksagonal struktur kristal. Modifikasi beta (β -SiC) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.9, dengan struktur kristal zinc blende (mirip dengan diamond), terbentuk pada suhu di bawah 1700°C . Sampai saat ini, bentuk beta telah memiliki sedikit penggunaan secara komersial, walaupun sekarang terjadi peningkatan minat untuk digunakan sebagai dukungan katalis heterogen, dikarenakan luas permukaan tinggi dibandingkan dengan bentuk alpha [18].

SiC murni tidak berwarna. warna coklat ke warna hitam merupakan hasil produk industri dari pengotoran besi. Kilau kristal pelangi pada SiC disebabkan oleh *passivation layer* dari silikon dioksida yang terbentuk pada permukaan.



Gambar 2.9 [19]



Gambar 2.10 [19]

Suhu sublimasi SiC yang tinggi (sekitar 2700 ° C) berguna untuk membuat *bearings* dan bagian *furnace*. Silikon karbida tidak meleleh pada tekanan berapa pun. Banyak digunakan sebagai bahan semikonduktor dalam elektronik, yang membutuhkan konduktivitas termal yang tinggi, *high electric field breakdown strength* , dan arus densitas yang besar, membuatnya lebih menjanjikan dari silikon untuk perangkat-perangkat yang membutuhkan spesifikasi tinggi. SiC juga memiliki koefisien ekspansi termal sangat rendah ($4,0 \times 10^{-6} / \text{K}$) dan tidak adanya transisi fase ini akan menimbulkan diskontinuitas dalam ekspansi termal.

BAB 3

EKSPERIMEN

3.1 Variasi paduan SnPbSiC

Penelitian ini dibatasi pada pembuatan paduan SnPb dengan variasi penambahan SiC dengan menggunakan metode peleburan. Dalam pembuatan tersebut digunakan material solder SnPb (Sn 63 wt% dan Pb 37 wt%) serta *reagent* SiC dengan standar *pro-analysis*. Sample dibuat berdasarkan variasi rasio fraksi berat SnPb terhadap SiC dengan SnPb-*rich*. Variasi ini dibuat untuk melihat pengaruh penambahan SiC terhadap karakteristik paduan SnPbSiC. Variasi paduan SnPbSiC yang dipreparasi adalah SnPbSiC 1 (SnPb 92,59 % - SiC 7,41%) , SnPbSiC 2 (SnPb 89,59% - SiC 10,41%) , SnPbSiC 4 (SnPb 95,75% - SiC 4,25%)

3.2 Material

Pada penelitian ini digunakan kawat solder (SnPb) dengan komposisi SnPb sebesar 63-37. Sedangkan untuk material *reagent* SiC yang dipakai merupakan bubuk dengan morfologi lebih halus (*fine powder*) yang memiliki kemurnian 99% dan ukuran butiran < 100 nm. Reagent ini didapat dari Merck dengan kualitas *Pro-Analysis* dan digunakan tanpa pemurnian lebih lanjut.

3.3 Proses Pembuatan

Pembuatan paduan SnPbSiC dilakukan dengan metode peleburan dan dilakukan di udara terbuka. Pertama kali harus dilakukan adalah pencampur kawat solder (SnPb6337) dengan material reagent SiC bubuk sesuai dengan variasi persen berat SnPb terhadap SiC. Setelah dilakukan pencampuran, lalu kawat solder dan SiC bubuk di tumbuk agar pada kawat solder (SnPb) melekat bubuk SiC. Pencampuran tersebut kemudian dilebur didalam tabung kuarsa pada suhu sekitar 600⁰C selama 10

hingga 15 menit sambil dilakukan pengadukan. Hasil peleburan ini kemudian didiamkan dan didinginkan pada suhu ruang hingga menjadi padatan.

3.4 Karakterisasi Sampel

Untuk mempelajari pengaruh dari penambahan material SiC terhadap paduan SnPb yang dihasilkan maka perlu dilakukan karakterisasi pada seluruh sampel, yaitu terhadap struktur dan fasa yang terbentuk kuantitas komposisi dari paduan SnPbSiC keseluruhan, sifat kekerasan, sifat termal, dan juga morfologi dan topografi dari paduan SnPbSiC yang dihasilkan.

3.4.1 Karakterisasi dengan Menggunakan XRD (X-Ray Diffraction)

Karakterisasi struktur, fasa dan parameter kisi digunakan metode yang dinamakan difraksi sinar-X. Alat *X-Ray Diffraction* yang digunakan adalah Philips PW 3710/40 kV yang berlokasi di Salemba. Beroperasi pada tegangan 40 kV dengan arus sebesar 30 mA. Berkas Co-K α digunakan sebagai sumber radiasi dengan panjang gelombang elektromagnetik λ sebesar 1,78897 Å. *Scan step* XRD dilakukan sebesar 0,02 $^{\circ}$, mulai dari sudut 2θ sebesar 25.00 $^{\circ}$ hingga 99.86 $^{\circ}$.



Gambar 3.1 X-Ray Diffraction

Dengan menggunakan data XRD, maka dapat dilakukan proses identifikasi selanjutnya terhadap struktur dari sampel dengan cara mencocokkan tiga puncak tertinggi dari kurva XRD dengan *database* ICDD dan juga program MATCH! yang kemudian diolah dengan menggunakan metode analisis Rietveld pada program GSAS.

3.4.2. Karakterisasi dengan Menggunakan XRF (X-ray Fluorescence)

Metode XRF adalah metode yang digunakan untuk mengukur kuantitas komposisi elemental dari suatu material menggunakan proses emisi sinar-X. Berdasarkan kebutuhan, XRF tidak selalu dihasilkan dari emisi sinar-X tetapi juga dihasilkan oleh sumber eksitasi primer lainnya seperti partikel alpha, proton ataupun elektron dengan energy tinggi. Dikarenakan dengan menggunakan metode ini tidak merusak sampel, maka XRF merupakan pilihan yang tepat untuk analisis komposisi paduan ini.



Gambar 3.2 X-Ray Fluorescence

Alat XRF yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah merk JEOL Element Analyzer JSX-3211 yang berlokasi di Salemba, Jakarta. Alat ini menggunakan tegangan sebesar 30.0 kV untuk beroperasi dan pengukuran dilakukan dalam kondisi vakum. Pengambilan data dilakukan selama 110 detik.

3.4.3. Karakterisasi Menggunakan DSC (Differential Scanning Calorimeter)

Untuk karakterisasi termal pada sampel dilakukan dengan menggunakan *Differential Scanning Calorimeter* (DSC) merk Shimadzu tipe 50 yang terdapat di UI Salemba. DSC adalah alat analisa termal untuk mengukur energi yang diserap atau diemisikan oleh sampel sebagai fungsi waktu atau suhu. Baik sampel maupun standar, temperaturnya dijaga untuk sama selama pengambilan data berlangsung. Fungsi utama dari DSC ini adalah untuk mengetahui transisi fasa seperti titik lebur, *glass transition* dan dekomposisi eksotermik. Proses transisi ini bisa terjadi karena adanya perubahan energi atau perubahan kapasitas panas.



Gambar 3.3 *Differential Scanning Calorimeter*

Paduan SnPbSiC dikarakterisasi dengan *heating rate* 10⁰C/menit dengan rentang suhu dari temperatur ruang 30⁰C sampai 480⁰C. Krusibel (*sample holder*) yang digunakan terbuat dari bahan aluminium. Sedangkan sampel referensi yang

dipakai adalah alumina. Hal ini dikarenakan alumina merupakan logam yang nilai kapasitas panasnya tidak akan berubah apabila dipanaskan/digunakan berkali-kali.

Pengukuran dilakukan pada atmosfer inert argon, dengan kecepatan aliran gas argon 20ml/menit. Untuk mendeteksi temperatur T dan perbedaan temperatur ΔT digunakan termokopel tipe Dumbbell (Pt-Pt.10% Rhodium). Data yang didapat dari DSC, selanjutnya diolah dan dianalisa menggunakan program TA-50 WS untuk mengetahui besarnya entalpi (ΔH), temperatur terjadinya reaksi eksoterm/endoterm serta mengetahui peak apa saja yang terbentuk.

3.4.4. Karakterisasi dengan Menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*)

Karakterisasi mikrostruktur terhadap paduan dilakukan menggunakan alat *Scanning Electron Microscope* (SEM). SEM merupakan sebuah mikroskop elektron yang berfungsi untuk melihat/menganalisa suatu permukaan dari sampel dengan cara menembakkan elektron dengan energy tinggi pada sampel. Elektron ini kemudian berinteraksi dengan atom-atom pada sampel sehingga sampel akan memproduksi sinyal-sinyal yang mengandung informasi mengenai topografi permukaan dari sampel komposisi dan beberapa karakteristik lain seperti konduktivitas listrik.



Gambar 3.4 *Scanning Electron Microscope*

Karakterisasi ini penting, karena paduan solder yang dihasilkan haruslah memiliki kontur serta morfologi yang homogen untuk mencegah timbulnya *dendrite*, *whisker* dan juga *crack* pada material solder. Alat SEM yang digunakan adalah merek JSM-5310LV dengan tegangan yang digunakan adalah 35kV x 500. Pengukuran dilakukan dalam keadaan vakum.

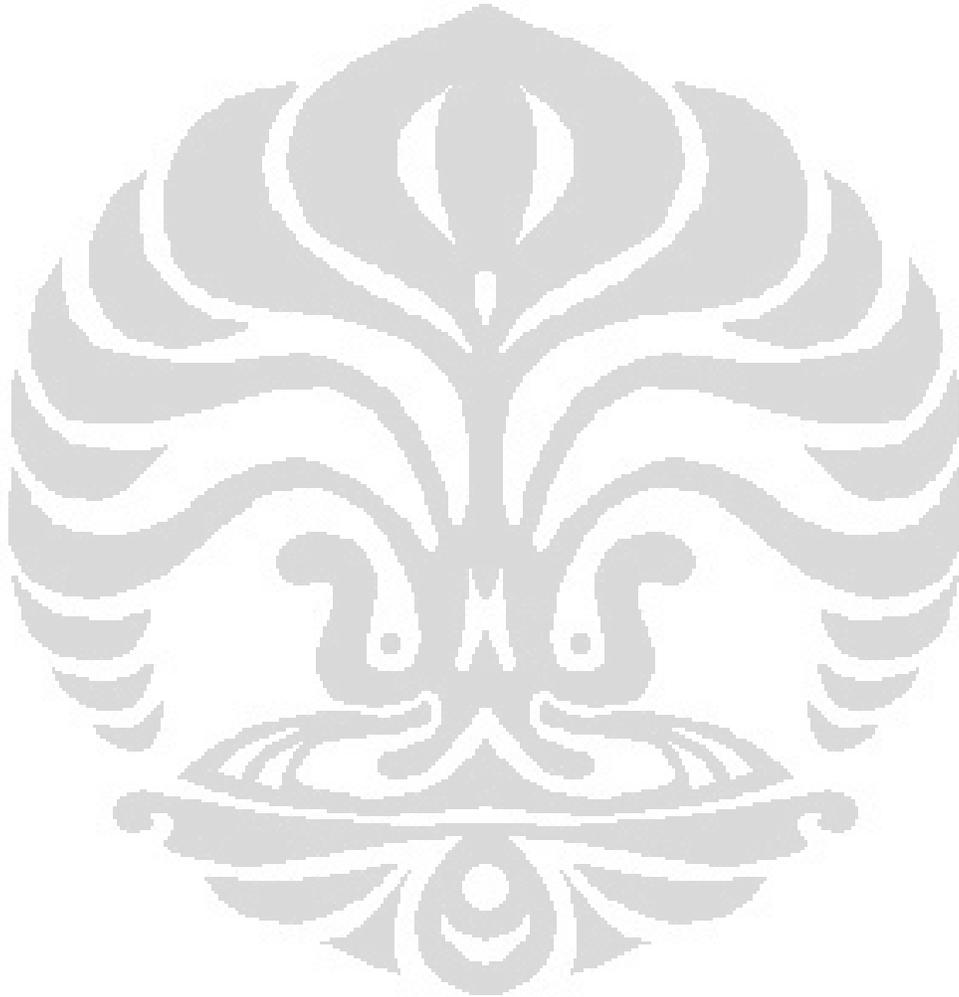
3.4.5. Karakterisasi dengan Menggunakan Vickers Hardness Test

Karakterisasi sifat kekerasan suatu paduan dilakukan dengan menggunakan alat *vickers hardness test*. Vickers hardness test merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengukur sifat kekerasan suatu material. Alat yang digunakan adalah merek Shimadzu. Uji Vickers lebih mudah digunakan daripada tes kekerasan lain karena perhitungan yang diperlukan tidak bergantung terhadap ukuran *diamond indenter*, dan *diamond indenter* dapat digunakan untuk hampir semua sampel.



Gambar 3.5 Vickers Hardness Test

Pengukuran *Vicker Hardness* menggunakan beban 500 gram dan *loading time* selama 15 detik. Unit kekerasan yang diberikan oleh tes ini dikenal sebagai Piramida Hardness Value (HV) atau Diamond Pyramid Hardness (DPH). Jumlah kekerasan dapat dikonversi menjadi unit pascal.



BAB 4

HASIL DAN ANALISIS

4.1 Hasil Karakterisasi Komposisi Paduan dengan Menggunakan XRF (X-ray Fluorescence)

Dari hasil karakteristik XRF, kita dapat melihat komposisi yang ada pada paduan SnPbSiC 1 dengan kandungan SiC 7,41% (dalam persen berat), SnPbSiC 2 dengan kandungan SiC 10,40% (dalam persen berat) dan SnPbSiC 4.26% (dalam persen berat) diberi label eksperimen 1, 2 dan 4 untuk membedakan komposisi dari masing-masing sampel SnPbSiC yang dipakai selama dilakukannya penelitian. SnPbSiC 1 dengan kandungan SiC 7,41% memiliki komposisi sesuai dengan yang ada pada tabel 4.1, untuk SnPbSiC 2 dengan kandungan SiC sebesar 10,40% memiliki komposisi sesuai dengan yang ada pada table 4.2, untuk SnPbSiC 4 dengan kandungan SiC 4,26% memiliki komposisi sesuai dengan yang ada pada tabel 4.3.

Tabel 4.1 Komposisi XRF dari SnPbSiC 7,41%

SnPbSiC 7,41%					
No.	Atom/chem formula	wt(%)	at/mole(%)	Integral Int.	Standard dev.
1	SiC (14)	7,41	21,86	5646	0,09
2	Sn (50)	59,36	59,17	48527	0,18
3	Pb (82)	33,23	18,97	90668	0,10

Tabel 4.2 Komposisi XRF dari SnPbSiC 10,40%

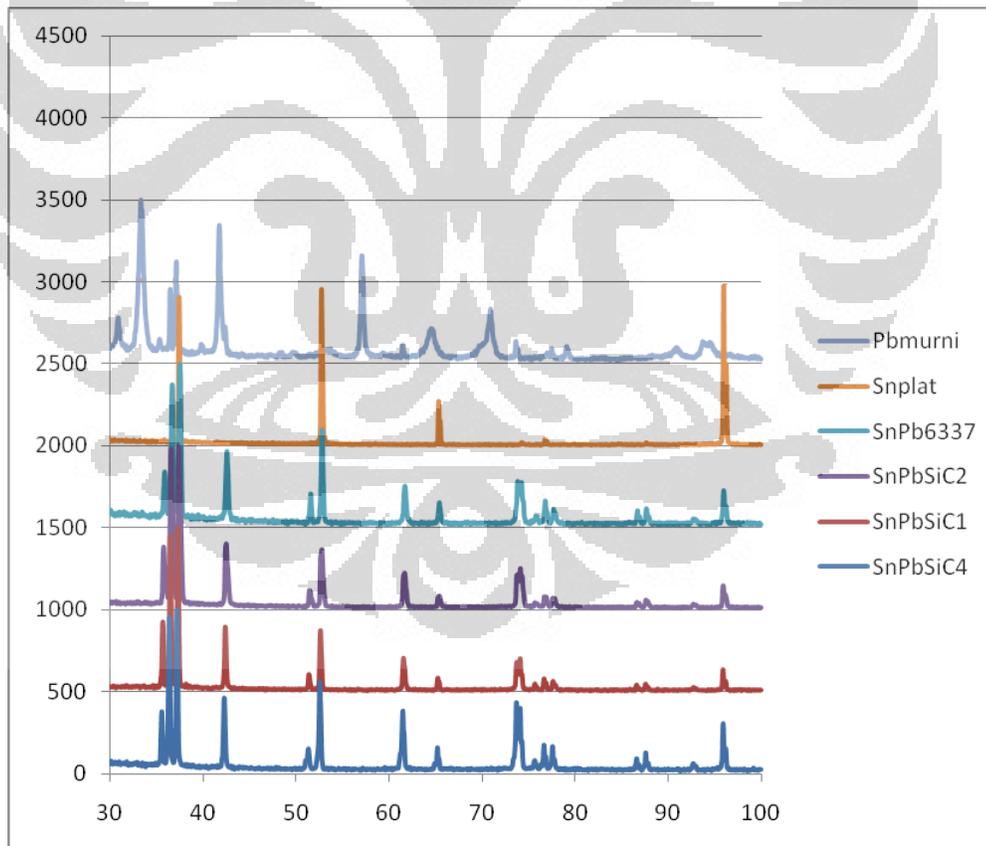
SnPbSiC 10,40%					
No.	Atom/chem formula	wt(%)	at/mole(%)	Integral Int.	Standard dev.
1	SiC (14)	10,40	28,55	8568	0,08
2	Sn (50)	60,23	55,85	54259	0,16
3	Pb (82)	29,37	15,60	87556	0,09

Berdasarkan hasil eksperimen XRF yang ada pada tabel 4.1, 4.2 dan 4.3 menunjukkan bahwa komposisi dari sampel yang akan digunakan pada penelitian sudah baik, hal ini ditandai dengan tidak adanya elemen lain yang ditemukan selain Sn, Pb dan SiC.

Tabel 4.3 Komposisi XRF dari SnPbSiC 4,26%

SnPbSiC 4,26%					
No.	Atom/chem formula	wt(%)	at/mole(%)	Integral Int.	Standard dev.
1	SiC (14)	4,26	13,45	3044	0,09
2	Sn (50)	61,32	65,49	47127	0,18
3	Pb (82)	34,42	21,06	87501	0,11

4.2 Karakterisasi dengan Menggunakan XRD (X-Ray Diffraction)



Gambar 4.1.A Perbandingan Hasil XRD SnPbSiC 4.26%, SnPbSiC 7.41%, SnPbSiC 10.40%, SnPb6337, Snplat, Pb murni, dan SiC

Karakteristik berikut yang diteliti adalah Karakterisasi struktur, fasa dan parameter kisi digunakan metode yang dinamakan difraksi sinar-X. Grafik yang didapat sesuai pada gambar menunjukkan adanya perbedaan *peak* untuk setiap sampel yang didapatkan dari hasil XRD. Pada gambar grafik XRD paduan yaitu paduan SnPb6337, SiC murni, Pb murni, Sn Murni, SnPbSiC 4.26%, SnPbSiC 7.41% dan SnPbSiC 10.40% dengan tujuan agar kita dapat melihat terjadinya perubahan *peak* yang ada berdasarkan dari jumlah kandungan *weight percent* SiC pada masing-masing sampel SnPbSiC. *Peak-peak* yang ada pada grafik XRD diatas menunjukkan kandungan masing-masing Sn, Pb, SiC pada setiap sampel, dari sini kita melihat seiring dengan naiknya *weight percent* dari SiC untuk setiap variasi SnPbSiC membuat *peak* Pb menjadi berkurang.

Tabel 4.4 Fasa yang terbentuk, parameter kisi, struktur kristal serta *space group* SnPbSiC 7.415%

Paduan	Fase terbentuk	Parameter Kisi			Struktur kristal	Space Group
		a	b	c		
SnPbSiC 7.415%	Pb	4.9490	4.9490	4.9490	Kubik	Fm-3m
	Sn	5.8201	5.8201	3.1758	Tetragonal	I41/amd
	Sn	5.1077	5.1077	5.1077	Kubik	Fm-3m

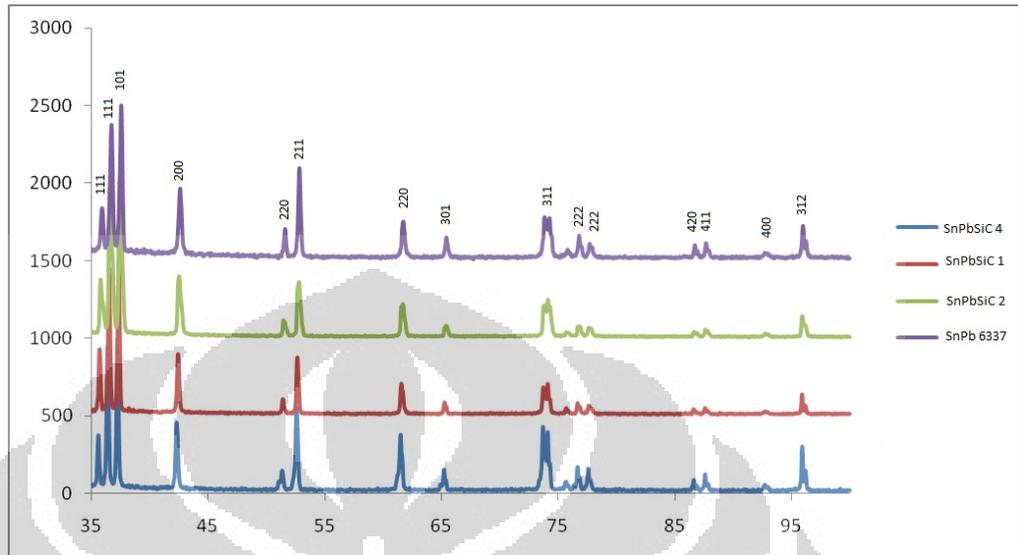
Tabel 4.5 Fasa yang terbentuk, parameter kisi, struktur kristal serta *space group*
SnPbSiC 10.40%

Paduan	Fase terbentuk	Parameter Kisi			Struktur kristal	Space Group
		a	b	C		
SnPbSiC 10.40%	Pb	4.9449	4.9449	4.9449	Kubik	Fm-3m
	Sn	5.8260	5.8260	3.1711	Tetragonal	I41/amd
	Sn	5.1197	5.1197	5.1197	Kubik	Fm-3m

Tabel 4.6 Fasa yang terbentuk, parameter kisi, struktur kristal serta *space group*
SnPbSiC 4.26%

Paduan	Fase terbentuk	Parameter Kisi			Struktur kristal	Space Group
		a	b	c		
SnPbSiC 4.26%	Pb	4.9355	4.9355	4.9355	Kubik	Fm-3m
	Sn	5.8386	5.8386	3.1802	Tetragonal	I41/amd
	Sn	5.1197	5.1197	5.1197	Kubik	Fm-3m

Pada Tabel 4.4, 4.5 dan 4.6 dijelaskan mengenai Fasa yang terbentuk, parameter kisi, struktur kristal serta *space group*. Berdasarkan parameter kisi yang didapat, terjadi perubahan terhadap parameter kisi untuk masing-masing sampel, hal ini menunjukkan bahwa struktur Kristal dipengaruhi oleh adanya SiC.. Pada

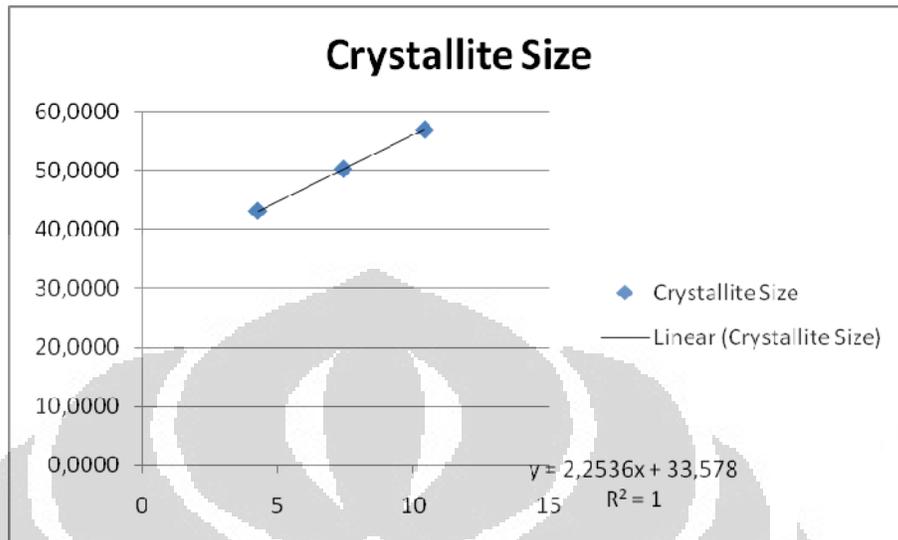


Gambar 4.1.B Perbandingan Hasil XRD SnPbSiC 4.26%, SnPbSiC 7.41%, SnPbSiC 10.40%, SnPb6337, Snplat, Pb murni, dan SiC disertai nilai hkl

saat melakukan pengolahan data dengan menggunakan GSAS, tidak ditemukan fasa SiC, hal ini dikarenakan kecilnya jumlah persen berat SiC sehingga tidak terdeteksi oleh alat XRD yang digunakan. Pada kurva XRD diatas, untuk sampel SnPb6337 adalah (111), (111), (101), (200), (220), (211), (220), (301), (311), (222), (222), (420), (411), (400), (312). Dari *refinement* menggunakan program GSAS, didapatkan bahwa hkl sampel SnPbSiC sama dengan paduan SnPb6337. Seiring dengan penambahan SiC terjadi penurunan intensitas pada semua bidang hkl [20,21].

Table 4.7 Perbandingan persen berat SiC terhadap *Crystallite Size* untuk masing – masing paduan.

Persen Berat SiC (%wt)	Crystallite Size (Nano)
4.26	43.1606
7.41	50.3128
10.4	56.9967



Gambar 4.2 Kurva perbandingan persen berat SiC terhadap Crystallite Size

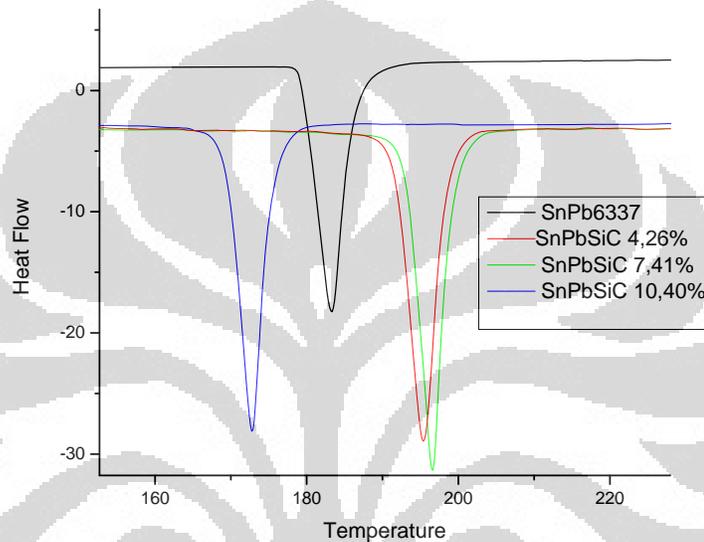
Tabel 4.7 menunjukkan perbandingan persen berat SiC terhadap *Crystallite size*, dengan bertambahnya persen berat SiC maka *Crystallite size* pun bertambah besar, hal ini menunjukkan bahwa ada pengaruh dari SiC terhadap paduan SnPb. SiC berdasarkan data yang kita dapatkan pada penelitian XRD menunjukkan bahwa adanya variasi penambahan SiC mempengaruhi parameter kisi dan *crystallite size* dari SnPb.

4.3 Hasil Karakterisasi dengan Menggunakan DSC (Differential Scanning Calorimeter)

Karakterisasi selanjutnya yang dilakukan adalah melihat karakteristik termal dengan menggunakan alat *Differential Scanning Calorimeter* (DSC) pada tiap paduan, yaitu paduan SnPb6337, SnPbSiC 4.26%, SnPbSiC 7.41% dan SnPbSiC 10.40%, hasil analisis termal yang didapatkan menunjukkan adanya pengaruh penambahan SiC terhadap paduan SnPb, dan dengan adanya tiga sampel yang diukur ditambah dengan sampel SnPb 6337 sebagai acuan untuk melihat perubahan yang terjadi pada tiap paduan SnPbSiC. perbedaan nilai *heat flow* pada

SnPb 6337 dan masing-masing sampel variasi SnPbSiC dikarenakan untuk SnPb 6337 diberikan nilai *heat flow* sebesar 10 derajat celcius sedangkan untuk masing-masing sampel variasi SiC menggunakan *heat flow* sebesar 5 derajat celcius.

Kita bisa melihat bahwa faktor persen berat dari SiC mempengaruhi analisis termal. Dalam hal ini yang dipengaruhi adalah *melting point* dari paduan SnPbSiC untuk setiap spesifikasi sampel. Pada sampel acuan yaitu SnPb6337



Gambar 4.3 Kurva Hasil DSC untuk paduan SnPbSiC 4,26%, SnPbSiC 7,41%, SnPbSiC 10,40% dan SnPb6337

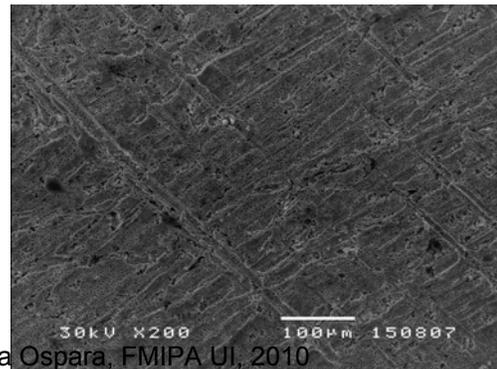
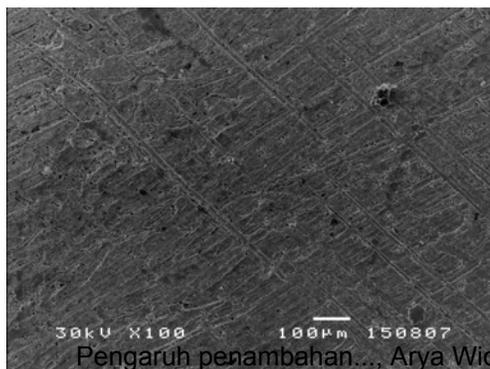
Tabel 4.8 Nilai Melting Point, delta H, Onset, Endset dan Selisih dari Sampel

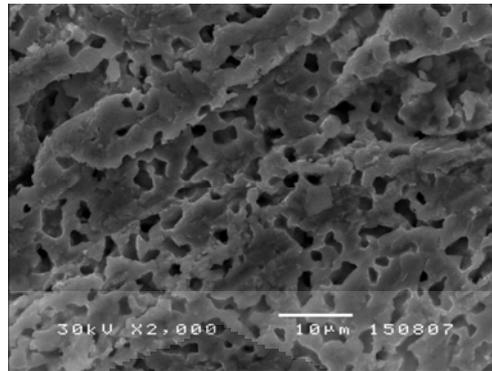
No	Sampel	Ket. (wt%)			DSC				
					Melting Point (celcius)	delta H (Cal/gr)	Onset (Celcius)	Endset (Celcius)	Selisih (Celcius)
		SiC	Sn	Pb					
1	SnPbSiC 4,26%	4.26	61.32	34.42	192.5	16.74	189.2	198.11	-8.91
2	SnPbSiC 10,40%	10.4	60.23	29.37	70.47	-14.96	65.17	74.25	-9.08
3	SnPbSiC 7,41%	7.41	59.36	33.2	193.10	-16.68	189.71	196.77	-7.06
4	SnPb6337	-	63	37	189.66	-14.17	176.59	183.06	-6.47

didapatkan nilai *melting point* sebesar 189.66 derajat celcius. Data yang ada menunjukkan pada SnPbSiC dengan kandungan SiC sebesar 10.40 persen berat memiliki *melting point* lebih rendah yaitu sebesar 70.47 derajat celcius, seiring dengan terjadinya pengurangan persen berat untuk SiC maka didapatkan nilai *melting point* membesar, hal ini terlihat dari kurva yang dimiliki oleh SnPbSiC 7.41 persen berat dengan *melting point* sebesar 193.10 derajat celcius. Hal unik yang terjadi adalah saat paduan SnPbSiC 4.26 persen berat diukur, kurva yang didapat menunjukkan adanya perubahan pada *melting point* menjadi lebih rendah dibandingkan dengan paduan SnPbSiC 7.41 persen berat, didapatkan nilai *melting point* sebesar 192.5 derajat celcius. berdasarkan teori yang ada menunjukkan bahwa SiC memiliki pengaruh dalam memberikan perubahan *meting point* pada masing – masing sampel dengan variasi penambahan SiC [22,23,24].

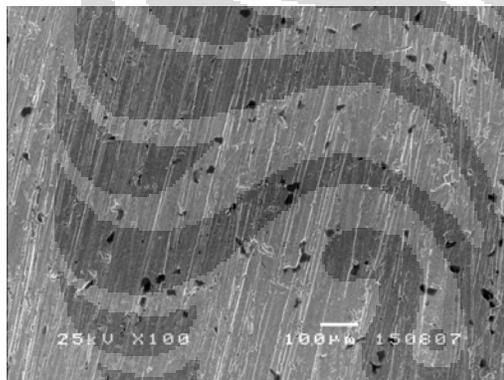
4.4 Karakterisasi dengan Menggunakan SEM (Scanning Electron Microscope)

Karakterisasi SEM dilakukan pada semua variasi paduan SnPbSiC yang telah dibuat. Pengukuran ini dilakukan untuk melihat persebaran SiC pada paduan SnPb6337 serta morfologi dan topografi paduan SnPbSiC. Karakterisasi SEM untuk paduan SnPb6337 ditunjukkan pada gambar 4.4. Sn lebih dominan dibandingkan dengan Pb dengan komposisi Sn 63 persen berat dan Pb sebesar 37 persen berat, dari sini kita bisa melihat bahwa abu-abu tua yang terlihat pada gambar menunjukkan terdapat kandungan Pb, dikarenakan Pb memiliki titik leleh lebih tinggi dibandingkan Sn sehingga pada saat proses pemanasan. Tidak terjadi penggumpalan Pb dikarenakan pada saat pengerjaan sampel, sampel dipanaskan hingga mencapai ± 600 derajat celcius, sehingga kemungkinan terjadinya penggumpalan Pb tidak ada [20,21].

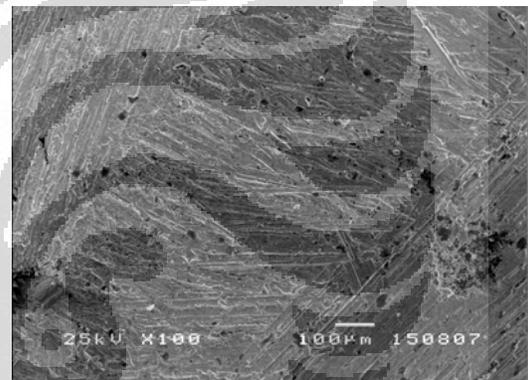




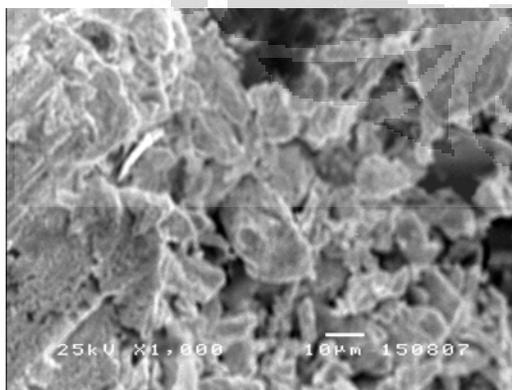
Gambar 4.4. Hasil karakterisasi SEM dengan pembesaran berbeda – beda untuk paduan SnPb 6337



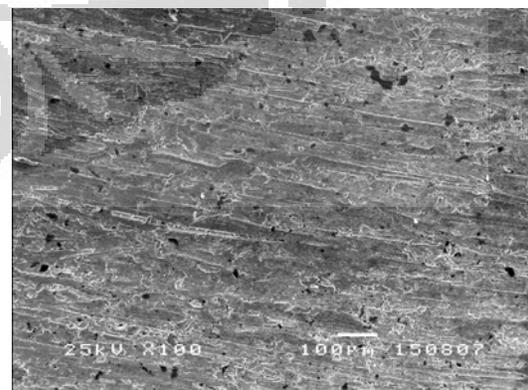
(i)



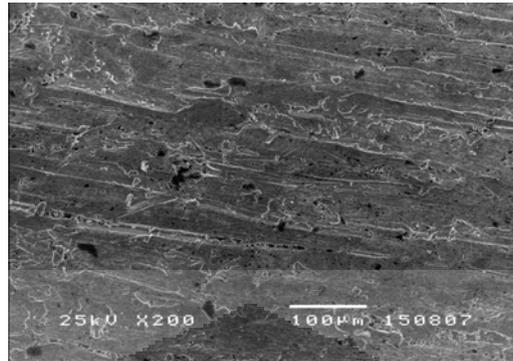
(iii)



(ii)



(iv)



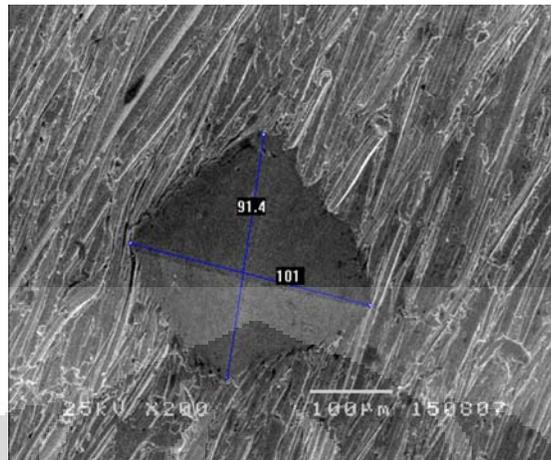
(v)

Gambar 4.5. Hasil karakterisasi SEM dengan menggunakan perbesaran berbeda-beda untuk paduan SnPbSiC 4,26% (iv,v), SnPbSiC 7,41%(i), SnPbSiC 10,40%(ii,iii)

SnPbSiC 4.26%, SnPbSiC 7.41% dan SnPbSiC 10.40% dengan pembesaran yang berbeda-beda ditunjukkan pada gambar 4.5 dengan membandingkan hasil SEM SnPb6337 dengan SnPbSiC dari masing-masing variasi campuran kita bisa lihat bahwa tidak ada perubahan morfologi yang mendasar yang terjadi pada tiap paduan dengan penambahan SiC, hal ini dikarenakan SiC memiliki titik leleh yang tinggi. Sehingga dari morfologi yang ditunjukkan oleh data SEM hanyalah morfologi dari SnPb. Adanya perbedaan pada morfologi antara SnPb6337 dan Paduan SnPbSiC dikarenakan oleh perlakuan sampel pada saat dilakukan karakteristik morfologi dengan SEM.

4.5 Karakterisasi Terhadap Sifat Mekanik Paduan SnPbSiC

Karakterisasi menggunakan *Vicker Hardness* dilakukan untuk semua variasi paduan SnPbSiC. Pada gambar 4.6 menunjukkan SEM untuk paduan SnPbSiC 2 setelah dilakukan karakterisasi *Vicker Hardness*. Pada gambar Terlihat adanya bekas dari lekukan piramida pada sampel. Panjang diagonal rata-rata, luas bidang piramida dan HV beserta keterangan beban serta *loading time* yang digunakan pada saat pengukuran pada semua sampel ditunjukkan pada Tabel 4.9.

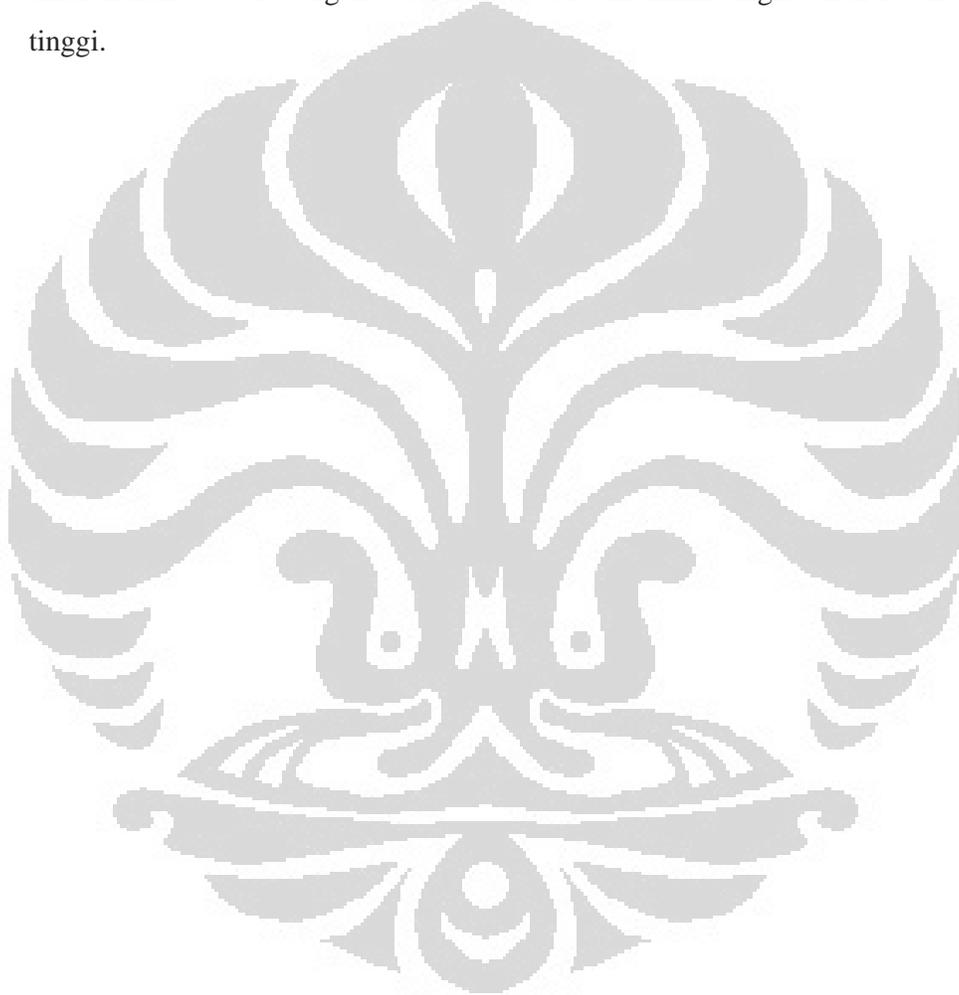


Gambar 4.6. SEM paduan SnPbSiC 10.40% setelah dilakukan karakterisasi *Vicker Hardness* dengan beban 500 gram

Tabel 4.9 Nilai d (mm), Hardness Value (HV) dan Yield Strength (MPa) untuk semua variasi paduan

no.	Paduan	d (mm)	HV (kgf/mm ²)	σ_y (Mpa)
1	SnPbSiC 7.41%	0.76	1,60	15,74
2	SnPbSiC 10.40%	0.43	5,01	49,17
3	SnPbSiC 4.26%	0.93	0.87	10,88

Dari tabel 4.9 dan gambar 4.6 yang ada membuktikan bahwa semakin banyak penambahan SiC pada paduan SnPbSiC membuat nilai HV dan *Yield Strength* semakin besar. Karena diagonal piramida yang terbentuk pada saat pengukuran *Vicker Hardness* semakin panjang pada saat konsentrasi SiC pada SnPbSiC semakin banyak. Dengan data yang kita dapatkan saat pengukuran ini, kita bisa melihat bahwa SiC sendiri mempengaruhi kekerasan dari paduan SnPb, dikarenakan sesuai dengan teori bahwa SiC memiliki tingkat kekerasan yang tinggi.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penambahan SiC pada paduan SnPb memberikan perubahan dalam beberapa karakteristik yaitu,

1. Penambahan SiC pada paduan SnPb memberikan pengaruh pada karakteristik termal dari paduan SnPb yaitu menaikkan dan menurunkan titik leleh dari paduan keseluruhan.
2. Penambahan SiC pada paduan SnPb memberikan pengaruh pada karakteristik kekerasan dari paduan SnPb, semakin tinggi persen berat SiC membuat paduan SnPb semakin keras.
3. Penambahan SiC pada paduan SnPb tidak memberikan pengaruh secara morfologi pada paduan SnPb.
4. Penambahan SiC tidak mempengaruhi parameter kisi dan struktur dari paduan SnPb

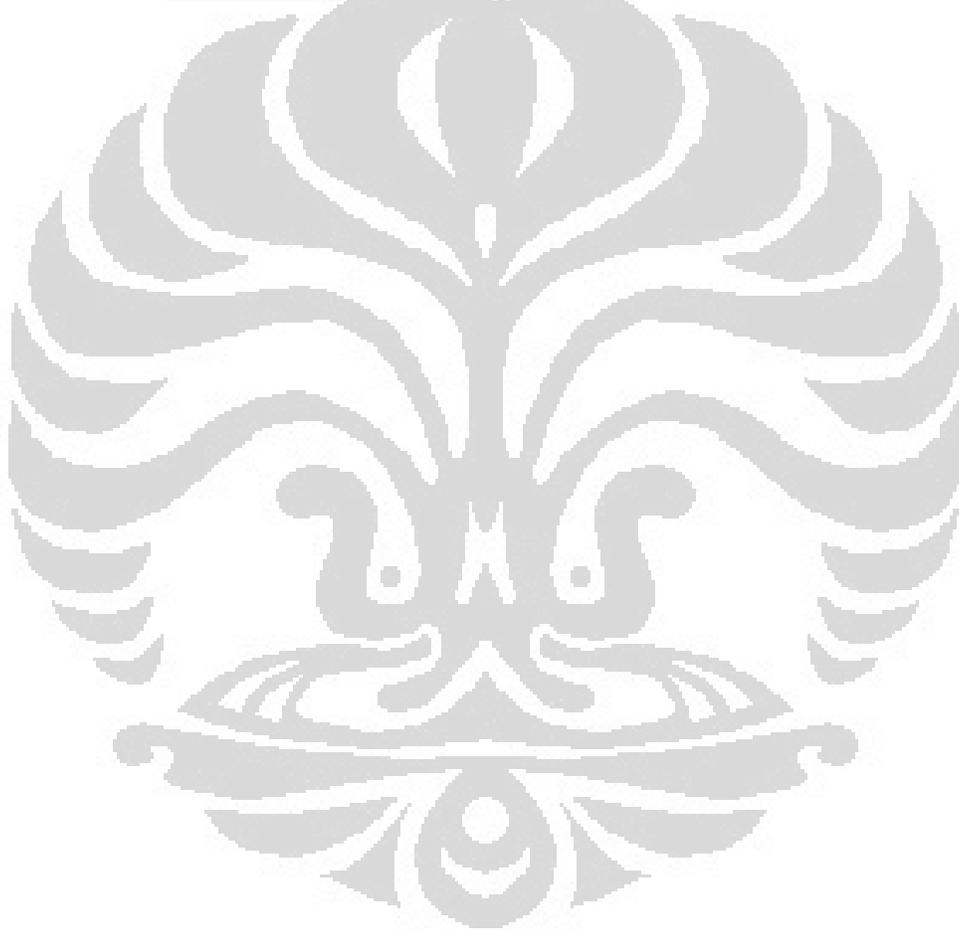
5.2 Saran

1. Pada penelitian lanjutan untuk SnPbSiC, agar diperhatikan mengenai variasi penambahan SiC agar tidak terlalu sedikit *range* persen berat yang di variasikan.
2. Sifat unik yang di miliki oleh paduan SnPbSiC harus diberikan perhatian lebih khusus, terutama pada sifat thermal.

DAFTAR ACUAN

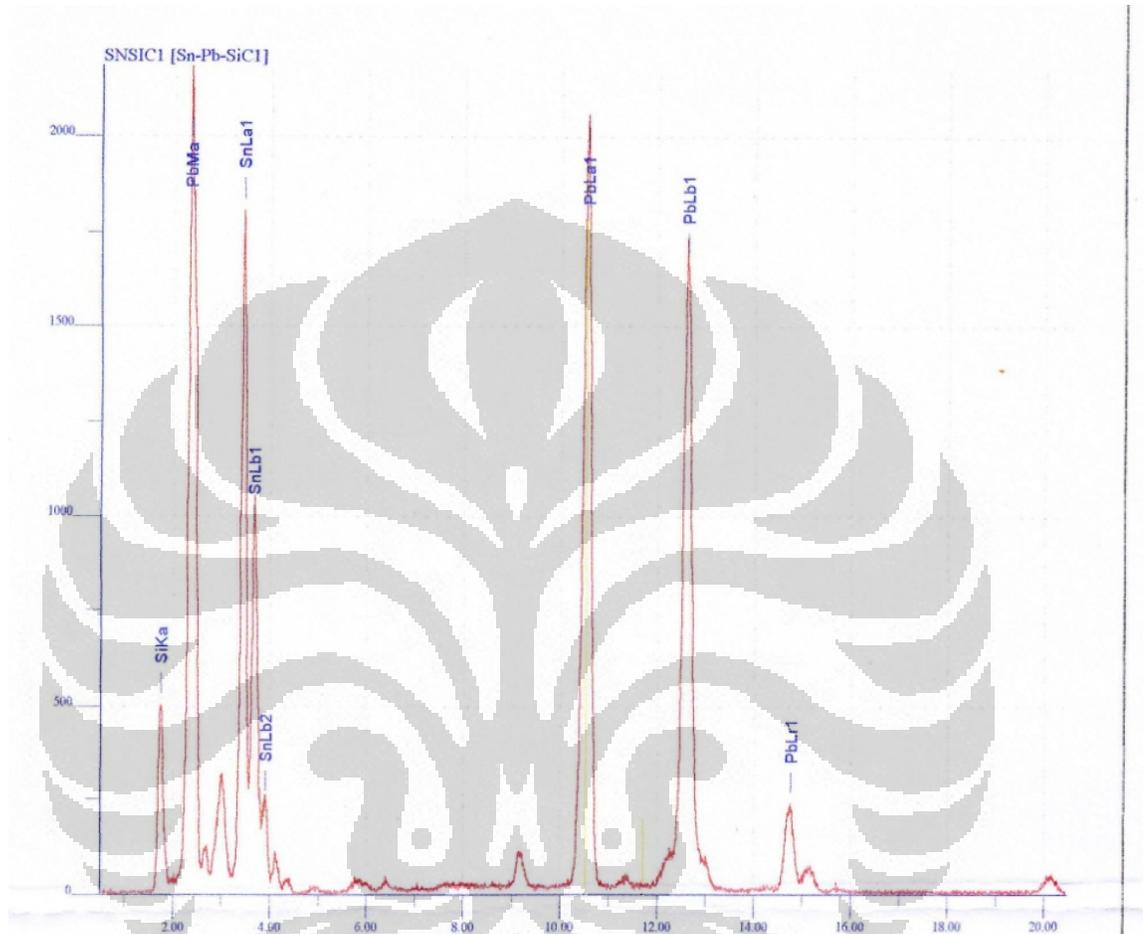
- [1] Harris, Gary Lynn. *Properties of silicon carbide*.1995
- [2] Park, Yoon-Soo *et al. SiC materials and devices*. Academic Press. pp. 20–60. 1998.
- [3] Cheung, Rebecca . *Silicon carbide microelectromechanical systems for harsh environments*. Imperial College Press. p. 3. 2006
- [4] L.R. Gracia, Wislei R.O., Leandro C.P., A. Garcia. *Journal of Electronic Material Vol. 38 No 11*. 2009.
- [5] Wang, H.S. Liu, L.B. Liu, dan Z.P. Jin, *Journal of Electronic Materials, Vol. 35, No. 10*. 2006.
- [6] Dr. Ning-Cheng Lee. *Getting Ready For Lead Free Solders*. Indium Corporation of America: 2007.
- [7] Carol A. H, Ursula K, K Moon, J Bath, E Bradley, and P Snugovsky, *Lead-Free Electronics book chapter: Alloy Selection*, Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc, 2007.
- [8] C.M.L.Wu, D.Q. Yu, C.M.T. Law, and L.Wang, *Journal of Electronic Materials, Vol. 31, No. 9*, 2002
- [9] J.K. Kim, M.S. Suk, and H.Y. Kwon, *Surf. Coating Technol.* 82, 23 (1996).
- [10] R.E. Pratt, E.I. Stromwold, and D.J. Quesnal, *J. Electron. Mater.* 23, 375 (1994).
- [11] Y.C. Chan, A.C.K. So, and J.K.L. Lai, *Mater. Sci. Eng. B* 55, 5 (1998).
- [12] P.L. Tu and Y.C. Chan, *IEEE Trans. Comp. Pack. Manuf. Technol., Part B* 20, 87 (1997).
- [13] C.H. Zhong and S. Yi, *Soldering & Surface Mount Technol.* 11, 44 (1999).
- [14] N. Saunders, A.P. Miodownik, *Bull. Alloy Phase Diagrams* 11, 278 (1990).
- [15] www.gordonengland.co.uk/vickerhadnesstest.htm diunduh tanggal 15 Mei 2010 pukul 13.10.
- [16] El-Ashram T., The relation between valency, axial ratio, Young's modulus and resistivity of rapidly solidified tin-based eutectic alloys, *Journal of Materials Science: Materials in Electronics* 16 (2005) 501-505
- [17] Kamal M., El-Bedewi A.B., T.E-Ashram, *J. Mater. Sci. Mater. Electr.* 15 (2004) 211.
- [18] Y.A Geller and A.G Rakhshadt, "Science of Materials", (Mir Publishers, Moscow, 1977) p. 138.
- [19] W.K Choi, S.K. Kang and D.-Y Shih, A Study of the Effects of Solder Volume on the Interfacial Reactions in Solder Joints Using the Differential Scanning Calorimetry Technique, *Journal of Electronic Materials Vol.31, 11* (2002)
- [20] J. Bilek, J. K. Atkinson, and W. A. Wakeham, Thermal Conductivity of Molten Lead-Free Solders, *International Journal of Thermophysics, Vol. 27, No. 1, January* 2006

- [21] M. Onishi and H. Fujibuchi, "Reaction Diffusion in the Cu-Sn System," *Trans. JIM*, Vol.16 (1975), pp 539-547
- [22] Yu C.H. and Lin K.L., "The atomic-scale studies of the behavior of the crystal dissolution in molten metals", *Chemical Physics Letters*, Vol. 418, pp. 433–436.
- [23] <http://www.geosci.ipfw.edu/XRD/techniqueinformation.html> diunduh tanggal 30 April 2010 pukul 21.00
- [24] Andrew K. G and Michael E.B, "Kinetic background to thermal analysis and calorimetry", *Handbook of Thermal Analysis and Calorimetry* Vol.1 (2003).
- [25] http://physics.usask.ca/~bzulkosk/modphyslab/phys381manual/xray_diffraction_2004.pdf diunduh tanggal 1 Juli 2010 pukul 14.39

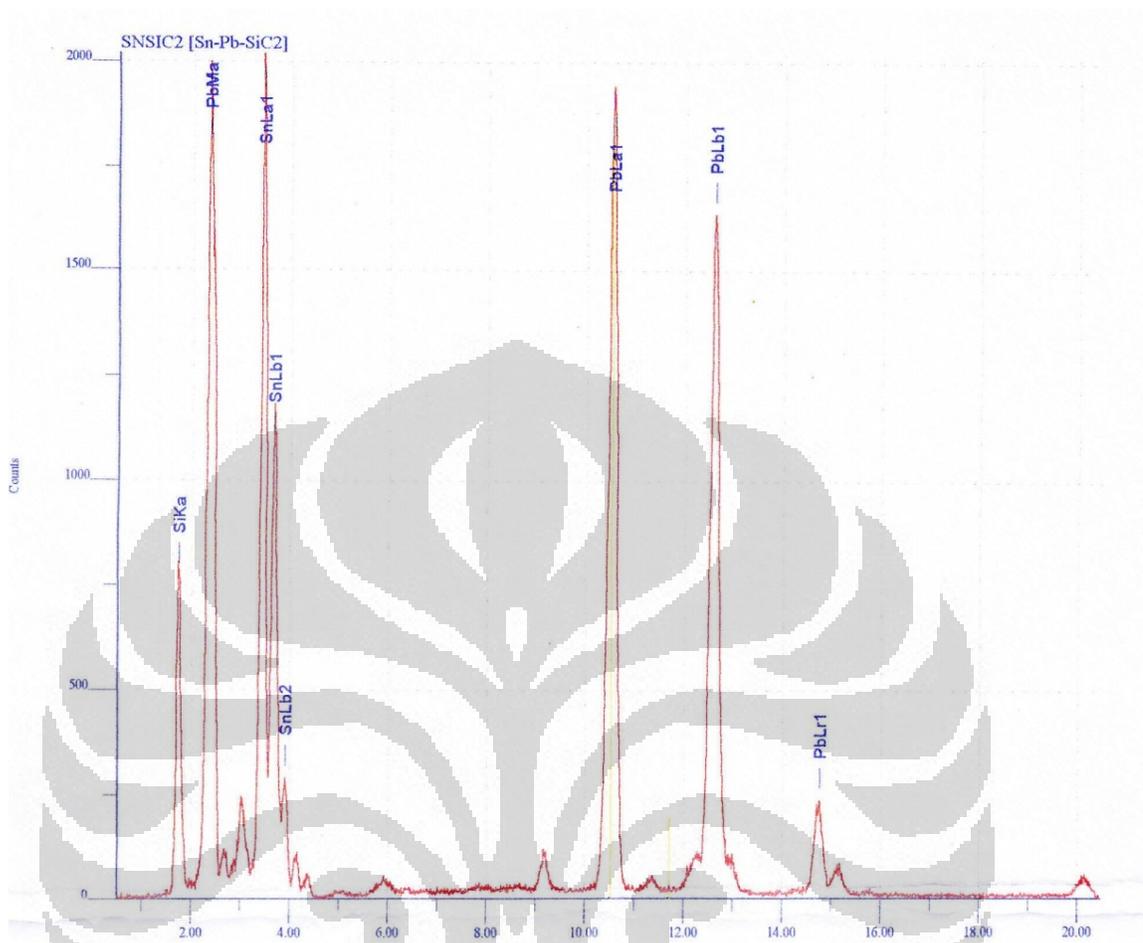


LAMPIRAN 1

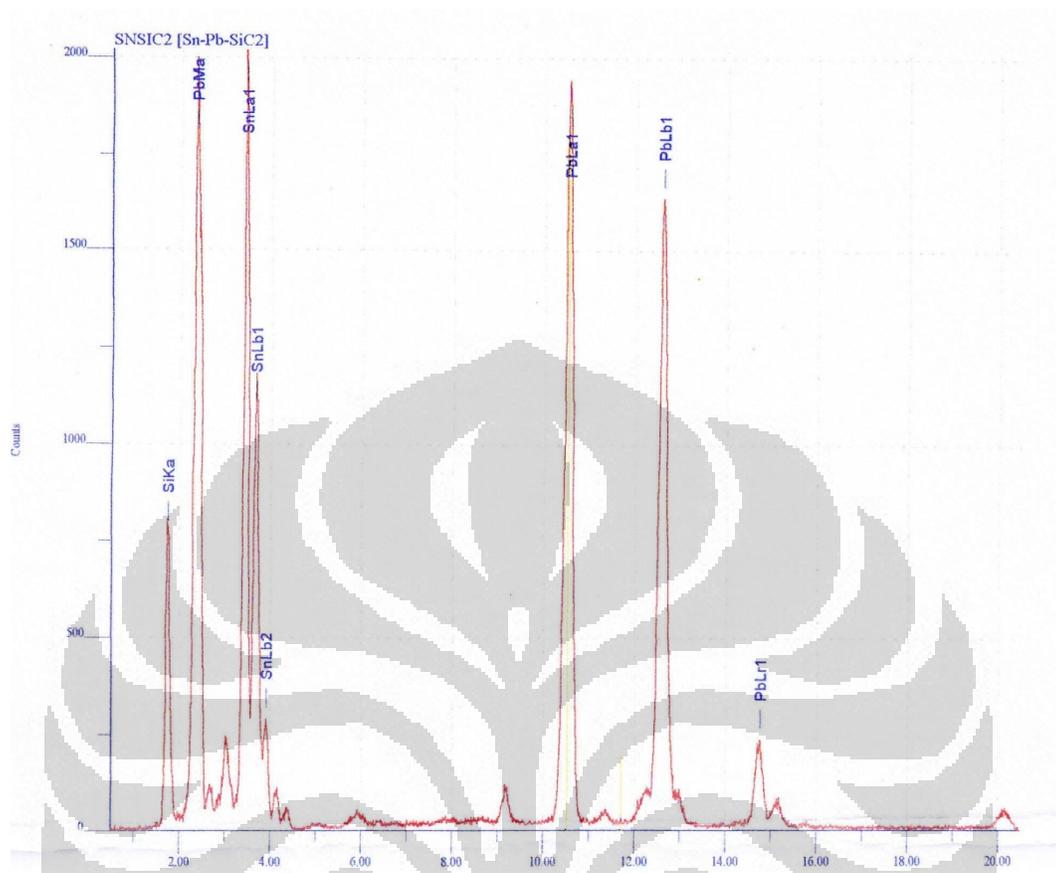
Kurva XRF untuk masing-masing paduan SnPbSiC.



a) Paduan SnPbSiC 7,41%

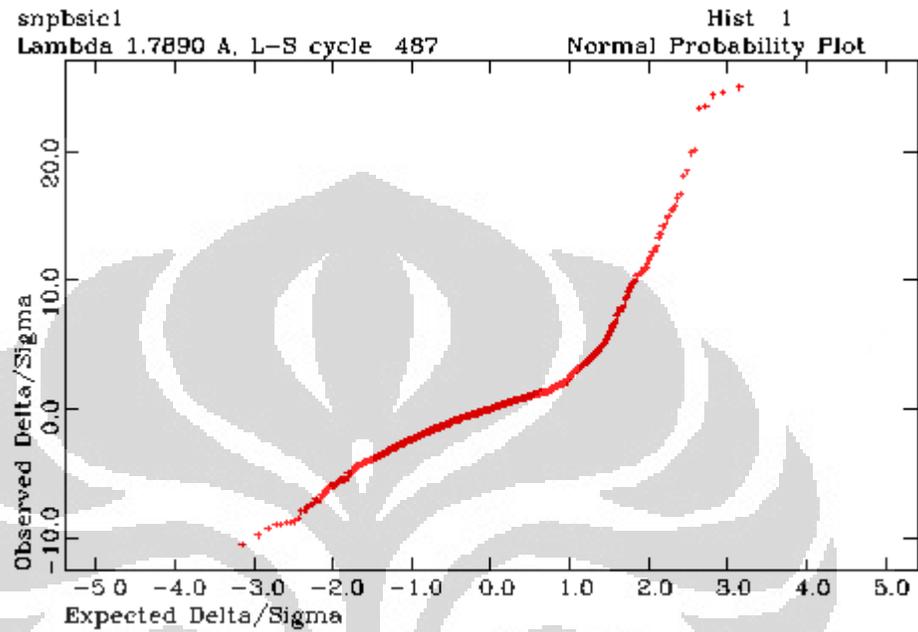


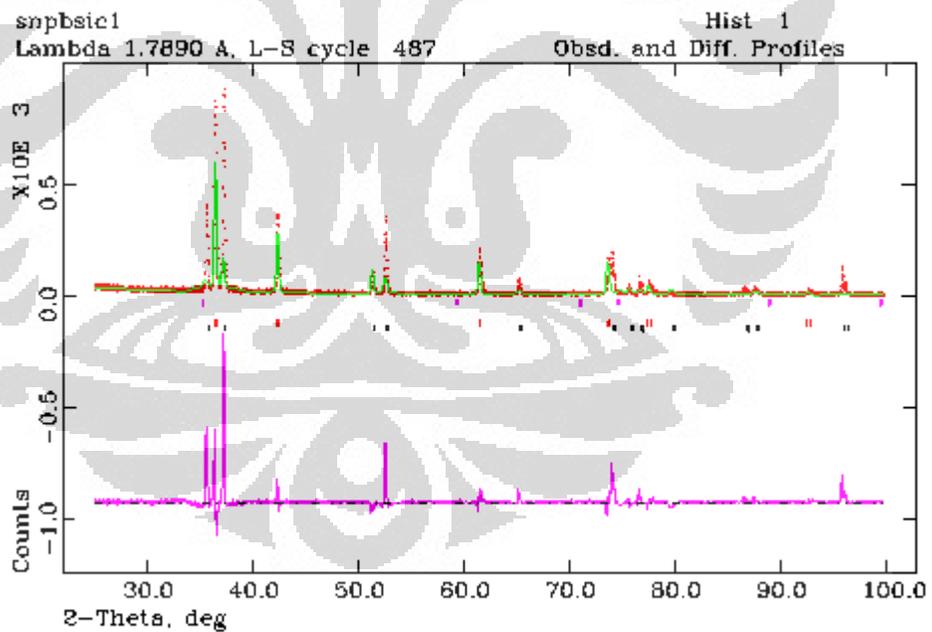
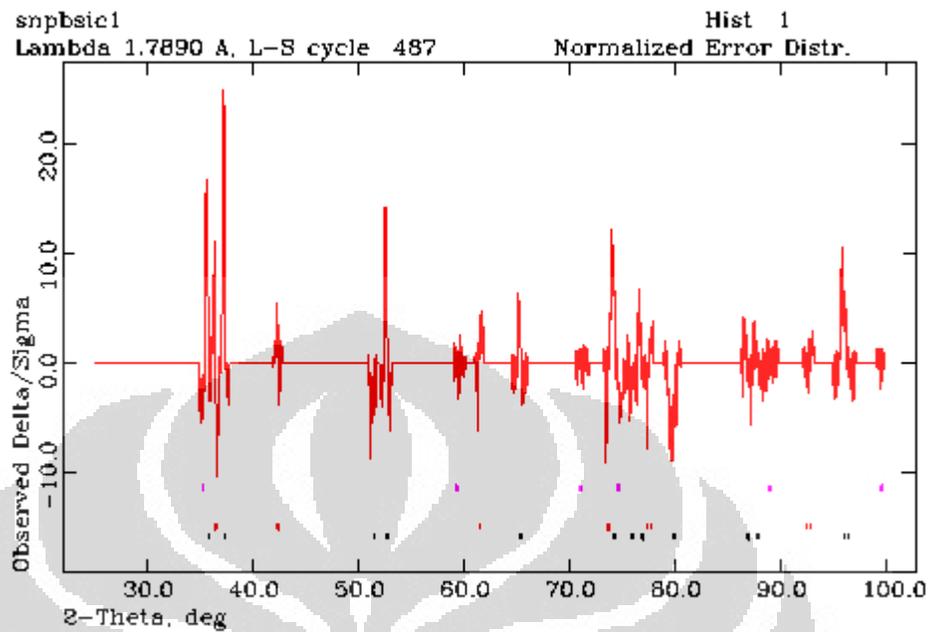
b) Paduan SnPbSiC 10.40%

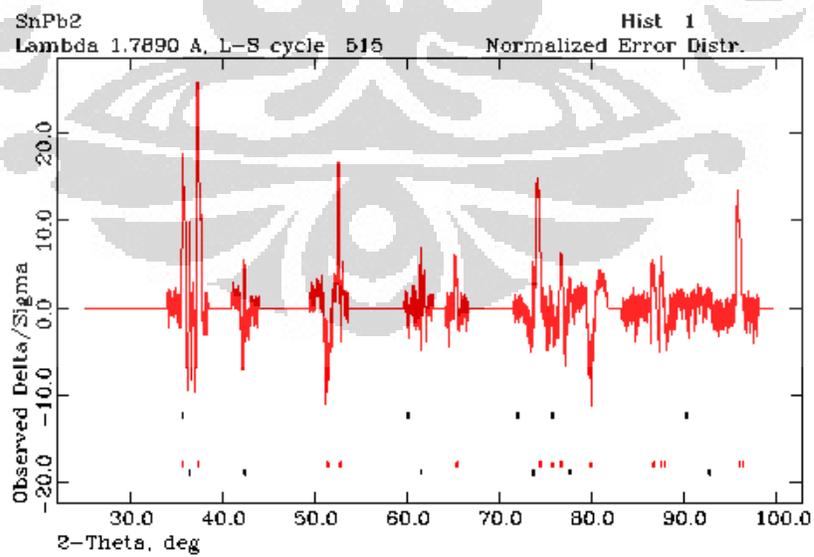
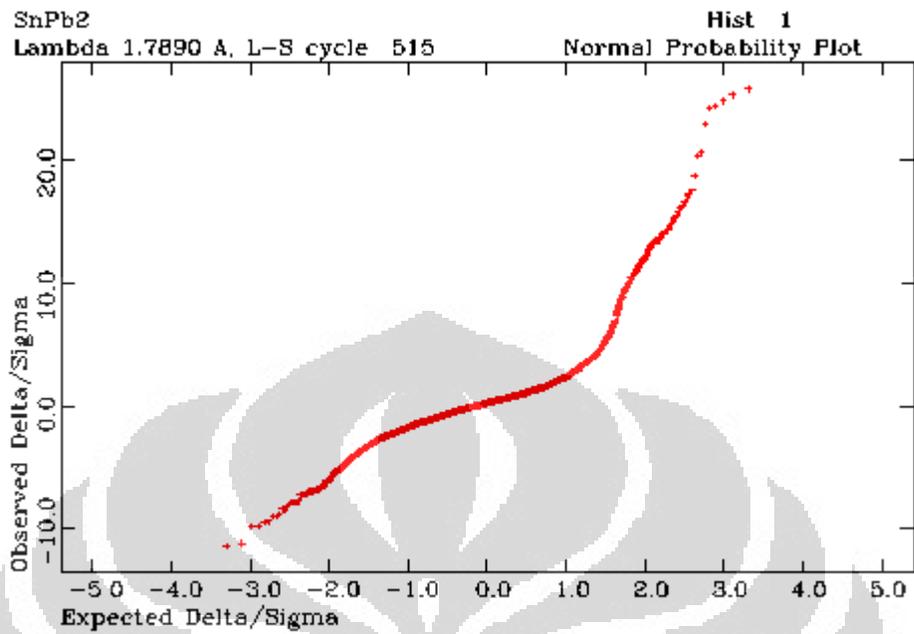


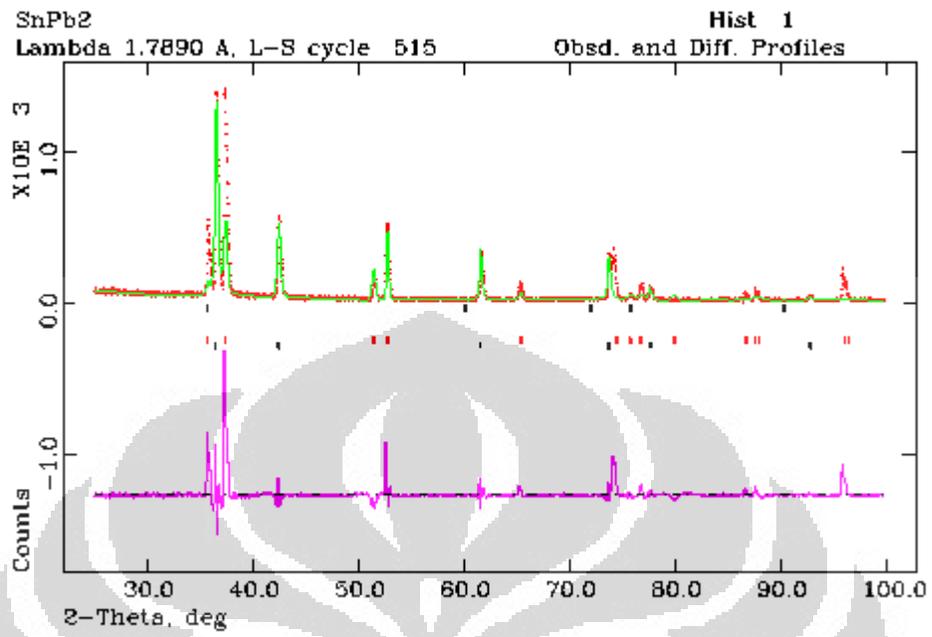
c) Paduan SnPbSiC 4.26%

LAMPIRAN 2

Gambar Hasil *refinement* menggunakan program GSAS







LAMPIRAN 3

Linearisasi untuk penghitungan Crystallite size untuk masing-masing paduan

Crystallite size dihitung menggunakan rumus Debye-Schererr [25] yaitu,

$$B_{crystallite} = \frac{k\lambda}{L \cos \theta} \quad (L.1)$$

dimana B adalah FWHM (Full Width Half Maximum), λ adalah panjang gelombang dari sumber X-ray yang digunakan, θ adalah sudut Bragg, L adalah *crystallite size* rata-rata dan k adalah konstanta (biasanya ≈ 0.9). Dikarenakan nilai pelebaran B (broadening) dipengaruhi juga oleh *lattice strain* yang direpresentasikan oleh persamaan,

$$B_{strain} = \eta \tan \theta \quad (L.2)$$

dengan η adalah *strain* didalam material. Sehingga untuk nilai pelebaran dari puncak difraksi B_r (setelah dikurangi efek pelebaran instrumentasi) menjadi,

$$B_r \cos \theta = \frac{k\lambda}{L} + \eta \sin \theta \quad B_r = B_{crystallite} + B_{strain} \quad (L.3)$$

Maka dari persamaan (L.2) dan (L.3) maka didapatkan,

$$B_r = \frac{k\lambda}{L \cos \theta} + \eta \tan \theta \quad (L.4.a)$$

membagi persamaan (L.5.a) dengan $\cos \theta$ maka persamaannya menjadi,

$$B_r \cos \theta = \frac{k\lambda}{L} + \eta \sin \theta \quad (L.5.b)$$

Dengan memplot $B_r \cos \theta$ terhadap $\sin \theta$ maka akan didapatkan suatu persamaan linear yaitu nilai garis singgung maka akan didapatkan nilai untuk $\frac{k\lambda}{L}$ yang digunakan untuk mencari nilai *crystallite size*.

SnPbSiC 4.26%

Peak	2theta [°]	theta	theta rad	B radian	cos theta	sin theta	b cos theta
1	35.52	17,76	0,30997047	0,002094	0,952343	0,305031	0,001994582
2	36.32	18,16	0,31695179	0,003142	0,95019	0,311672	0,00298511
3	37.16	18,58	0,32428215	0,003491	0,94788	0,318628	0,003308724
4	42.24	21,12	0,36861353	0,002443	0,932828	0,360322	0,002279328
5	52.52	26,26	0,45832346	0,002094	0,896796	0,442445	0,001878244
6	61.44	30,72	0,53616514	0,002094	0,859674	0,510843	0,001800497
7	73.66	36,83	0,64280476	0,001396	0,800418	0,599443	0,001117594
8	95.89	47,94	0,8367981	0,003491	0,669844	0,742502	0,002338195

